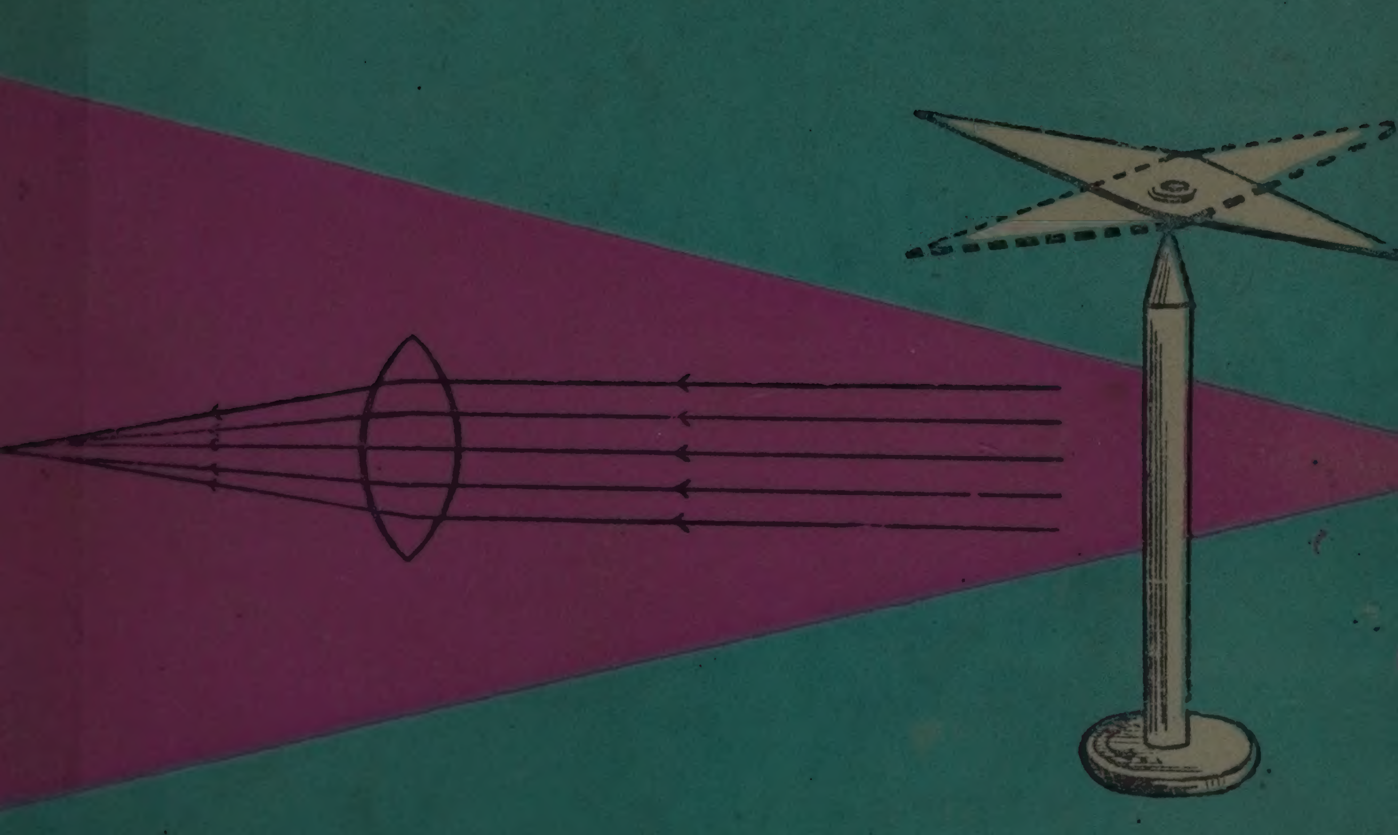
SOUTHERN LANGUAGES BOOK TRUST

# ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ



# ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ

# ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ

ಮೂಲ ಲೇಖಕ

**ಈ. ಎನ್. ಡ ಸಿ. ಆಂಡ್ರಾಡೆ**

**D.Sc. Ph D. LLD. F.R.S.**

ಅನುವಾದಕರು

**ಆರ್. ಎಲ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯ**

**ಆರ್. ಎನ್. ಗೀತಾ**

ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಕಾಶನ

**ಬೆಂಗಳೂರು**

BHOUTHA VIGNANA
*Kannada:* First Edition: November 1970

Published English Book: 'Physics for the Modern World'
by E. N. da C. Andrade
Published by George G. Harrap & Co. Ltd.



Translators:
R. L. Narasimhaiah & R. N. Geetha

Published under the auspices of the Southern Languages Book Trust, Madras. The Trust is helped by the Government of India, the South Indian State Governments and Universities and the Ford Foundation.

Fifth Programme: Kannada: Two

Translation right into Kannada for this edition assigned to:
Vignana Prakashana, Bangalore 4

Price: Rs. 1–90

Printed at:
Lotus Printers, Rajajinagar, Bangalore 10

# ಮುನ್ನುಡಿ

ಪ್ರಕೃತಿ ಪ್ರಪಂಚದ ನಿರ್ಲಿಪ್ತ ಜ್ಞಾನಾರ್ಜನೆಗೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಸದಾ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ತಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ನಾವು ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಜ್ಞೆ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಾಧನಗಳ ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಗತಿಯಿಂದಾಗಿ, ಜೀವನ ವಿಧಾನವಿಂದು ಹಿಂದೆಂದೂ ಕಾಣದ ಗತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಜನರ ದೈನಂದಿನ ಜೀವನಪದ್ಧತಿ ಕ್ರಾಂತಿಗೊಳಗಾಗಿದೆ. ಏಷ್ಯಾ ಮತ್ತು ಆಫ್ರಿಕಾದ ಜನಮನದಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮ ಜೀವನಮಟ್ಟದ ಹೊಸ ಆಶಾಕಿರಣ ಮೂಡಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನವು ತಮ್ಮೆಲ್ಲರನ್ನು ದಾರಿದ್ರ್ಯ-ರೋಗರುಜಿನಗಳಿಂದ ಪಾರುಮಾಡುವುದೆಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಅವರದಾಗಿದೆ. ಮುಂದುವರಿದ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಆಯುಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಳ ಕಂಡುಬಂದು, ಕೆಲಸದ ಭಾರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ. ವೈಯಕ್ತಿಕ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಸಿಗುವ ವಿರಾಮಕಾಲ ಎಲ್ಲರ ಪಾಲಿಗೆ ಬರಿಯ ದೂರದ ಆದರ್ಶವೇನಲ್ಲ. ಶಾರೀರಿಕವಾಗಿ, ಮಾನಸಿಕವಾಗಿ ಹಾಗೂ ಭಾವನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಕೊರತೆಯುಳ್ಳವರಿಗೆ ನಾವು ಸಹಾಯ ನೀಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ಉತ್ತಮ ಭವಿಷ್ಯವನ್ನು ಮಾನವ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಶಕ್ತನೆಂದು ಜೀವನ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ; ಈ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜಯ ಸಂಪಾದಿಸಲು ಮಾನವನ ಹೋರಾಟ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಾಗಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ವೈಚಿತ್ರ್ಯ, ಅದರ ಸಾಧನೆ ಮತ್ತು ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿ ಈ ಚಿತ್ರದ ಒಂದು ಮುಖ.

ಉದ್ವೇಗ, ಅಪಾಯ ಮತ್ತು ಸದವಕಾಶದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಹ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇತರ ನಾಗರಿಕತೆಗಳು ಕಾಡಿಬಂದ ಪಾರ್ಶ್ವವಾಯು ಇಲ್ಲವೆ ಹಾನಿಕರ ರಕ್ತಹೀನತೆಯಿಂದ ನಾಶವಾದರೆ, ನಮ್ಮದು ಎಳವಿನಲ್ಲಿ ಕೊನೆಗಾಣಬಹುದೇನೋ! ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರ ನೀಡಿರುವ ನೂತನ ಶಕ್ತಿಗಳು ಸೃಜನಾತ್ಮಕ ಅಥವಾ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಜೀವನವನ್ನು ನಾವು ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಸಹ ಬಹುವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಿವೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಗಳ ಬಳಕೆ ವಿವೇಚನೆಯಿಂದ ಸಾಗಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ನಮಗೆ ಅಧಿಕ ಬಲ, ಪೂರ್ಣ

ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಹಾಗೂ ಮಾನವ ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಉತ್ತಮ ಬಾಳು ದೊರಕುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ದುರುಪಯೋಗದ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಲಿಟ್ಟರೆ, ಇದೇ ಶಕ್ತಿಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಸರ್ವನಾಶದೆಡೆಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಸದ್ಯದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೊಂದು ಪರೀಕ್ಷಾಕಾಲ.

ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸತ್ಯದ ವಿನಮ್ರ ಸೇವಕ. ಆತ ಪ್ರಕೃತಿ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ವಿಹರಿಸುವುದರಿಂದ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಮಾನವೀಯಾಂಶದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯುಂಟು. ಪ್ರಕೃತಿ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾದುದು ಮತ್ತೊಂದಿಲ್ಲವೆಂಬ ಭಾವನೆ ನಮ್ಮದಾದರೆ, ಆಗ ನಾವು ಆಂತರ್ಯಶೂನ್ಯತೆ, ತಳಮಳ, ಒಗಟಿನ ಮನೋಭಾವದಿಂದ ನರಳುವುದು ಸಹಜ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಳಹೊಕ್ಕು ಅದರ ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನು ಬಯಲು ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಕುರಿತು ಅಧಿಕಾರಯುತವಾಗಿ ಮಾತನಾಡುವ ಶಕ್ತಿ ಮಾನವಚೇತನಕ್ಕಿದೆ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ನಾವು ಅರಿತರೆ, ಆಗ ಮಾನವನು ಚೇತನದ ಕಿಡಿ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿ, ಕೇವಲ ಸಾಧಾರಣ ವಸ್ತು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯ ನಮಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮನದಟ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವೈಯಕ್ತಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ನಾವು ಗುರುತಿಸಿದೊಡನೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಮಾನವಿಕ ಕಲೆ ಇವೆರಡರ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಭವಿಷ್ಯವಂತೂ ಅನಿವಾರ್ಯ. ಮನುಷ್ಯರ ನಡವಳಿಕೆ ನಿಯಂತ್ರಿತವೆಂದು ನಂಬುವ ಭೌತಿಕವಾದಿಗಳು ಸಹ ನಿರ್ಧಾರ ಕೈಗೊಳ್ಳುವಾಗ ಹಿಂದು ಮುಂದೆ ನೋಡುತ್ತಾರೆ; ತೀರ್ಮಾನದ ಅಗತ್ಯತೆಯಂತೂ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ. ಮಹಾ ವಿಪತ್ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಅನುಕಂಪ ಮತ್ತು ಕೋಮಲತೆಯ ಗುಣಗಳು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ, ಹೆದರಿಕೆ, ಆಸೆ ಮತ್ತು ದ್ವೇಷ ಮುಂತಾದವು ಸಹ ನಮ್ಮಲ್ಲಿ ಜಾಗೃತವಾಗುತ್ತವೆ. ಮಾನವ ತನ್ನ ಆಂತರಿಕ ಅಸ್ಪಷ್ಟತೆ, ವಿಕೃತರೂಪವನ್ನು ಅಂಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ; ತನ್ನ ಆದರ್ಶದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ರೂಪಿಸಬಲ್ಲ.

ಮಾನವ ಚೇತನದ ನಾನಾ ಮುಖಗಳ ಪ್ರದರ್ಶನವೊಂದು ಸುಬದ್ಧ ಅಖಂಡತೆ. ನಮ್ಮ ಬೌದ್ಧಿಕ ಮನೆ ಬಿರುಕು ಬಿಟ್ಟು ಹಂಚಿ ಹೋಗು

ವಂತಹದಲ್ಲ. ಜ್ಞಾನ ಅಖಂಡವಾದದ್ದು. ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕಾರಗಳು ಮತ್ತು ಮಾನವಿಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಷಯಗಳು ಸಂಗತಿ ಮತ್ತು ಅರ್ಥವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹೆಣೆದುಕೊಂಡಿವೆ.

ಇಂದಿನ ಅನುಪಮ ವಿಜ್ಞಾನಯುಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರಿಗೂ ಸರಿತೂಗಿದ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ. ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅನ್ವಿತ ವಿಜ್ಞಾನಗಳ ವಿಧಾನಸಾಧನೆಗಳು ಹಾಗೂ ಸಾಹಿತ್ಯ, ದರ್ಶನ ಮತ್ತು ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕಲಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ 'ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ'ಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವಿದೆ; ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ, ತಿಳಿಯಾದ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನರಿಗೂ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ಆಯಾ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಪರಿಣತರಾದ ವಿದ್ವಾಂಸರು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುತ್ತಾರೆ.

ಇಂತಹ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಜನರು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಓದುವರೆಂದು ನಾನು ಆಶಿಸುತ್ತೇನೆ.

**ಡಾ॥ ಸರ್ವೆಪಲ್ಲಿ ರಾಧಾಕೃಷ್ಣನ್**

# ಲೇಖಕನ ಎರಡು ಮಾತು

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಈ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ತಾತ ಮುತ್ತಾತಂದಿರಿಗೆ ತಿಳಿಯದಿದ್ದ ಹಲವಾರು ಸಂಗತಿಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ವಿಮಾನಗಳು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಹಾರುತ್ತವೆ; ರಸ್ತೆಯ ಮೇಲೆ ಮೋಟಾರು ವಾಹನಗಳು ಓಡುತ್ತವೆ; ಟ್ರಾಕ್ಟರುಗಳು ಹೊಲವನ್ನು ಉಳುತ್ತವೆ. ಇವೆಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬೆಳಕು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಗೆ ಬರುತ್ತಿದೆ. ಫೋಟೋ ತೆಗೆಯುವುದಂತೂ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯ ಸಂಗತಿ. ದೂರವಾಣಿಯ ಬಳಕೆಯಂತೂ ದಿನದಿನಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿದೆ. ನಿಸ್ತಂತು ದೂರಲೇಖಕ ಧ್ವನಿವರ್ಧಕ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವಿಷನ್‌ಗಳು ಮನೆಮಾತಾಗಿವೆ. ಆಧುನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಕೈಗಾರಿಕೆ ಗಳು ಸಾಧಿಸಿರುವ ಪ್ರಗತಿ ಸಹ ನಮ್ಮನ್ನು ಚಕಿತಗೊಳಿಸುವಂತಹದು. ಇವೆಲ್ಲವೂ ವಿಜ್ಞಾನವು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸಿರುವ ದಿನಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರು ಗಮನಿಸಬಹುದಾದಂಥ ನೇರ ಹಾಗೂ ಸರಳವಾದ ನಿಚ್ಚಳ ಸಂಗತಿಗಳು. ವಿಜ್ಞಾನವು ಪ್ರಯಾಣದ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ, ಸಾರಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಬಹು ಸುಲಭ ಮಾಡುವ ಅಥವಾ ಹೊಸ ವಿಧಾನದ ಮನರಂಜನೆಯನ್ನೊದಗಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನಷ್ಟೇ ಮಾಡಿ ಸುಮ್ಮನಿಲ್ಲ. ಇದರ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರ ಅತ್ಯಂತ ವಿಶಾಲ ಹಾಗೂ ಗೂಢವಾಗಿದೆ.

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಿಸಬಲ್ಲ, ಅಳೆಯಬಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳು ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ ನಿಯಮಗಳ ಅಧ್ಯಯನದ ವಿಧಾನವೇ ವಿಜ್ಞಾನ. ಕೇವಲ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಸಂಶೋಧನೆ ಮಾತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನದ ಉದ್ದೇಶವಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಆಗುಹೋಗುಗಳು ಬದ್ಧವಾಗಿರುವ ನಿಯಮಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯೇ ವಿಜ್ಞಾನದ ಗುರಿ. ಪರಿಸರದ ಅನೇಕ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸಬಲ್ಲವೇ ಹೊರತು ಅವನ್ನು ನಮ್ಮ ಹಿಡಿತದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳ ಸ್ವಭಾವದ ಅಧ್ಯಯನ ಅಂದರೆ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯ ದಲ್ಲಂತೂ ಈ ಹೇಳಿಕೆ ಅಕ್ಷರಶಃ ಸತ್ಯ. ವಾಯುಮಂಡಲ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯದಲ್ಲೂ ಅಷ್ಟೆ. ಇಷ್ಟಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಸುಸಜ್ಜಿತ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳೇ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಡಿಗಲ್ಲಾಗಿವೆ.

ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅನೇಕ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಶಾಖೆಗಳೆಂದರೆ: ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ (ಜೀವವಿರುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಅಧ್ಯಯನ) ಮತ್ತು ಭೌತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ (ಜೀವವಿಲ್ಲದ, ಜೀವವಿರದ ವಸ್ತುಗಳ ಅಧ್ಯಯನ). ಇವೆರಡನ್ನೂ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೀಮಾ ರೇಖೆ ಇಲ್ಲವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಜೀವವಿರದ ವಸ್ತುಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಜೀವವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ಭೌತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಶಾಖೆಯಾದ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ, ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದರೊಡನೊಂದು ವರ್ತಿಸುವ ರೀತಿ, ಧಾತು ಹಾಗೂ ಭಾಗಗಳ ಬದಲಾವಣೆ, ಇತರ ಭಾಗಗಳ ಬಿಡುಗಡೆ ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಭೌತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಇನ್ನೊಂದು ಶಾಖೆಯಾದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೊಡಗಿದೆ. ಈ ಶಾಖೆಯು ರಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದದ ವಸ್ತುಗಳ ಗುಣಸ್ವಭಾವಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳು, ಉಷ್ಣ, ಬೆಳಕು, ಶಬ್ದ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತತ್ವವೆಂದು ವಿಭಾಗ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಭಾಗವನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಧ್ಯಾಯ ಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಗತಿ ಸಾಧಿಸಿದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯ ದವರೇ ಇಲ್ಲ. ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಳ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅಸಾಧ್ಯತೆ ಏನಿಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಕೆಲಸಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಕುತೂಹಲಿಗಳಾಗಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬಗ್ಗೆ ಆಧುನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ ಸ್ಥಾನ ಪಡೆದಿವೆ. ಅಂತೆಯೇ ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಕುರಿತ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಕೊನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

**ಈ. ಎನ್. ಡ ಸಿ. ಆಂಡ್ರ್ರಾಡೆ**

# ಪರಿವಿಡಿ

# 1

## ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಚಲನೆ

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿಜವಾದ ಪದಾರ್ಥ ಯಾವ ಸಾಮಗ್ರಿಯಿಂದ ಆಗಿರುತ್ತದೋ, ಅದನ್ನು ವಸ್ತು ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಅಂದರೆ ಯಾವುದನ್ನು ತೂಕ, ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅದು ವಸ್ತು. ಕಲ್ಲು, ಮರ, ಕಾಗದ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಘನ ಪದಾರ್ಥವನ್ನಾದರೂ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲದೆ ನಾವು ವಸ್ತು ಎನ್ನಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ ನೀರು ಅಥವಾ ಹಾಲು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ದ್ರವ ಪದಾರ್ಥವೂ ವಸ್ತುವೇ. ಏಕೆಂದರೆ ನಾವು ಅದನ್ನು ತೂಕ ಮಾಡಬಲ್ಲೆವು ; ಅದರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲೆವು. ಅಂಥರೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಅಳತೆಯ ಗುರುತುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯ ಮೂಲಕ ಅದು ಎಷ್ಟು ಜಾಗವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಬಹುಶಃ ಗಾಳಿಯೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವೇ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಮೇಲಿನೆರಡನ್ನು ಹೇಳಿದಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿ ಉತ್ತರಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾದಿತೇನೋ ? ಆದರೂ ಅದನ್ನೂ ತೂಕ ಮಾಡಬಲ್ಲೆವು. ಗಾಳಿಯಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯ ತೂಕವು ಅದೇ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗಿಂದ ಗಾಳಿ ಯೆಲ್ಲವನ್ನೂ ತೆಗೆದು ಮುದ್ರೆ ಮಾಡಿ ತೂಕ ಮಾಡಿದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತ್ರಾಸಿನ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ 6 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆಯಲ್ಲಿನ ಗಾಳಿಯ ತೂಕ

ಸುಮಾರು $\frac{1}{12}$ ಔನ್ಸ್‌ನಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ನೀವು ಕುಳಿತಿರುವ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯ ತೂಕ ಎಷ್ಟಿರಬಹುದು ಎಂದು ಊಹಿಸಲೂ, ನಂತರ ಎಷ್ಟು ಇದೆ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲೂ ಕುತೂಹಲವಿರಬಹುದಲ್ಲವೇ? ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಈ ಅಧ್ಯಾಯದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದೆ. ಉಷ್ಣದ ವಿಷಯ ತಿಳಿಯಲು ಹೊರಟಾಗ ತೂಕವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ತಾಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ನಿಜವಾದರೂ ತಾಪದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದೊಡನೆ ತೂಕದಲ್ಲಿ ಅಂತಹ ಹೆಚ್ಚಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೂ ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಜಲಜನಕ, ಇಂಗಾಲದ ಡೈಆಕ್ಸೈಡಿನಂತಹ ಇತರ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳೂ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿ ಭೇದಗಳು. ಅಂದರೆ ವಸ್ತುವು ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಬಹುದೆಂದಾಯಿತು.

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನದ ಮೂಲವಾಗಿರುವ "ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ" ಎಂದರೇನೆನ್ನುವುದನ್ನು ಸರಳವಾಗಿ, ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟವೇ ಸರಿ. ದಿನಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉದ್ದ, ತಾಪ ಮುಂತಾದ ಪದಗಳ ಅರ್ಥ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿದ್ದರೂ ಆ ಪದಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸರಳವಾಗಿ, ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳುವುದೂ ಕಷ್ಟ. ಸೂಕ್ತ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಆಯ್ದರೆ ಆ ಪದಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂದರೆ ಆ ಪದಗಳಿಗೆ ನಿಖರವಾದ ಲಕ್ಷಣದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ ಎನಿಸಲಾರದು. ಆಯಾ ಪದದ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಇಂತಹ ಮೂಲಪದಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ಮೊದಲೇ ಬರೀ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಮೂಲಕ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟ. ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇದ್ದಲ್ಲಿ ದಿನಬಳಕೆಗೆ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣದ ಅಗತ್ಯವೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

'ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ'ಗೆ ಲಕ್ಷಣ ಬೇಕಾಗೇ ಇದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ವಸ್ತುವು ಯಾವ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಆಗಿದೆಯೋ ಅದರ ಪರಿಮಾಣ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. 'ಪರಿಮಾಣ' ಪದಕ್ಕೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಅರ್ಥ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯೇನೋ ಸಮಂಜಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಒಂದು ಅಂಶವೆಂದರೆ, ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೂ, ತೂಕಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೂಲಂಕಷ ವ್ಯತ್ಯಾಸ. ತೂಕವು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೊಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ [ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಚೆಂಡಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ] ಯಾವಾಗಲೂ

ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ; ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಗುಣವೆಂದರೆ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಯಾವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲೇ ಆಗಲಿ ಅದು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ ಎಂದರೆ ಹಾಗಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅದೇ ಕಬ್ಬಿಣದ ಚೆಂಡನ್ನು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಮೈಲಿ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಆಳವಾದ ಗಣಿಯಲ್ಲಿ ತೂಕ ಮಾಡಿದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಅದರ ತೂಕಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ಭೂಮಿಯು ಅಷ್ಟು ಬಲವಾಗಿ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ತೂಕದಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಒಂದು ತ್ರಾಸಿನಿಂದ ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೂ ತೂಕವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧನದ ಮೇಲೂ ಭೂಮಿಯು ಅದೇ ಸಮವಾದ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ತೂಕ ಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಎರಡರದೂ ಒಂದೇ ಸಮ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ತೂಕದಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಎಳೆಯಲ್ಪಡುವ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಕಾಟ್ರಾದಿಂದ (ತಕ್ಕಡಿ) ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ತೂಕದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಭಾಗಶಃ ಭೂಮಿಯು ಪೂರ್ಣ ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿಲ್ಲದಿರುವುದು. ಇಷ್ಟಾಗಿಯೂ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಹತ್ವದ್ದೆನಿಸುವಷ್ಟು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿಲ್ಲ.

ಅದೇ ಕಬ್ಬಿಣದ ಚೆಂಡನ್ನು ಚಂದ್ರಮಂಡಲಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದಾಗ ಏನಾದೀತು ಎನ್ನುವುದರಿಂದ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸುತ್ತಲ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅದಂತೂ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಚಂದ್ರನು ಭೂಮಿಗಿಂತ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಆಕರ್ಷಣಬಲ ಭೂಮಿಯದರ $\frac{1}{6}$ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ

ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚೆಂಡಿನ ತೂಕ ನಮ್ಮ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಾಟ್ರಾದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ 6 ಪೌಂಡ್ ತೂಗಿದ್ದರೆ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪೌಂಡ್ ಮಾತ್ರ ತೂಗುತ್ತದೆ. ಚಂದ್ರಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬನು ಆರೋಗ್ಯದಿಂದ ಜೀವಿಸಿರಬಲ್ಲನಾದರೆ ಅವನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವನ ತೂಕದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೊಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಬರುತ್ತೆಂದರೆ, ಅವನ ಮಾಂಸಖಂಡಗಳು ಸರಿಯಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರೆ, 30 ಅಡಿಗಳಷ್ಟು ಎತ್ತರದಿಂದ ಅವನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಧುಮುಕಬಲ್ಲನು.

ಚಂದ್ರನ ದುರ್ಬಲ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದು ಕುತೂಹಲವನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಂತಹ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ 'ಅಣು'ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಲೂ, ಪುಟವೇಳುತ್ತಲೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ವಾಯುಮಂಡಲದಿಂದ ಕೆಲವು ಅಣುಗಳು ಭೂಮಿಗೆ ವಿಮುಖ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಯಾವ ತಡೆಯೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಕೆಲವು ಅಣುಗಳು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬಾಹ್ಯಾಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡರೂ ಆಮ್ಲ ಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕದಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಈ ಗಾಳಿಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ವಾಪಸು ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಆಕರ್ಷಣಬಲ ಭೂಮಿಗಿರುವುದ ರಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆಸೆದ ಕಲ್ಲು ಭೂಮಿಗೆ ಬೀಳುವ ಹಾಗೇ ಈ ಗಾಳಿಯ ಅಣುಗಳು ಭೂಮಿಗೆ ವಾಪಸು ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಆದರೂ ಗೊತ್ತಾದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರುವ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ವೇಗದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆಸೆದರೆ, ಅದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುವುದು. ಈಗ ಬಾಹ್ಯಾಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹಾರಿಸುವುದು ಮನೆಮಾತಾಗಿ ಬಾಹ್ಯಾಂತ ರಿಕ್ಷದ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಜಲಜನಕ ಅಣುಗಳಿಗೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ವೇಗವಿದ್ದರೂ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕದವಕ್ಕೆ ಈ ವೇಗವಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ

ಈಗಿರುವ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಪದರ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಜಲಜನಕ ಏನಾದರೂ ನಮ್ಮ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ ಅದೂ ತಪ್ಪಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುತ್ತಿತ್ತು. ಜಲಜನಕ ನಮ್ಮ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಈಗಿಲ್ಲ.

ಚಂದ್ರನ ಆಕರ್ಷಕ ಶಕ್ತಿ ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕದಿಂದಾಗಿರುವ ವಾಯುಮಂಡಲವನ್ನು ತಡೆಹಿಡಿದಿರುವಷ್ಟು ಇಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಚಂದ್ರನಲ್ಲಿ ವಾಯುಮಂಡಲವಿಲ್ಲ. ಚಂದ್ರನಲ್ಲಿ ವಾಯುಮಂಡಲವಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಆಧಾರಗಳೂ ಇವೆ. ಒಂದು ಸಾರಜನಕದ ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಹಾಗೂ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಆದರೂ ಅದರ ತೂಕ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಬದಲಾಗದ ಗುಣ ವೆಂದಾಯಿತು. ಆದರೆ ತೂಕವು ಸಂದರ್ಭೋಚಿತವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ತಕ್ಕಡಿಯಲ್ಲಿ ತೂಕ ಮಾಡೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ತಕ್ಕಡಿಯ ಎರಡು ತಟ್ಟೆಗಳ ಮೇಲೂ ಸಮವಾದ ಎಳೆತವಿರುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ತುಂಡಿನ "ತೂಕ" 100 ಗ್ರಾಂ ಆಗಿದ್ದರೆ ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (ವಸ್ತು ರಾಶಿಯೂ) ಯೂ 100 ಗ್ರಾಂಗಳೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಅದರಲ್ಲೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಾವು ದಿನಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ನಿಖರವಾದ ಅರ್ಥವಿರುವ ಅನೇಕ ಪದಗಳನ್ನು ಬೇಕಾಬಿಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಬಲ (force), ಒತ್ತಡ (pressure), ಕೆಲಸ (work), ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (energy) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ (power) ಇವುಗಳು ಅಂತಹ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು. ಈಗ ಇವುಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ.

ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಅಥವಾ ನೇರವಾಗಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು, ವೇಗವನ್ನು ಅಥವಾ ಎರಡನ್ನೂ ಬದಲಾಯಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಧನವೇ **ಬಲ**.

ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಪುರುಷನೆನಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಸರ್ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ನನ "ಚಲನೆ"ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮೂರು ನಿಯಮಗಳು "ಚಲನೆ"ಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಅಡಿಗಲ್ಲಾಗಿವೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು: ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗದೆ ಇದ್ದರೆ ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು ಅದೇ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ (ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ) ಮತ್ತು ಗೊತ್ತಾದ ನೇರದಲ್ಲಿ, ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೂ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗದಿದ್ದರೆ ಅದರ ನೇರವಾಗಲೀ, ವೇಗವಾಗಲೀ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಿಲ್ಲವಷ್ಟೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ತಕ್ಷಣವೇ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇನಿದು! ನಾವು ನಿತ್ಯ ನೋಡುತ್ತಿರುವುದಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾದುದನ್ನು ಈ ನಿಯಮಗಳು ಹೇಳುತ್ತವೆಯಲ್ಲಾ ಎಂದೆನಿಸಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ತುಂಬಾ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಬೆಟ್ಟವನ್ನು) ಎಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿ ಬಿಟ್ಟು ತಳ್ಳಿದರೂ, ಅದು ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಇರುವ ವಸ್ತು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸಮವಾದ, ನಯವಾದ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತಿರುವ ಚೆಂಡು, ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಜರುಗಿಸಿದ ಒಂದು ತಟ್ಟೆ) ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ ವಿಶ್ರಾಂತಸ್ಥಿತಿಗೆ ತಾನಾಗಿಯೇ ಬಂದುಬಿಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗುವವರೆಗೂ ಈ ವಸ್ತು ಮೊದಲಿನ ನೇರದಲ್ಲೇ ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕಲ್ಲವೆ?

ಆದರೆ ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳು ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅಥವಾ ಚಲಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟಾಗ, ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕವೇರ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಹೊಸ 'ಘರ್ಷಣಾ ಬಲ' ಪ್ರಯೋಗ ಮೊದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಘರ್ಷಣಾ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವು, ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಸ್ವಭಾವದ ಮೇಲೂ (ನುಣುಪೊ, ಒರಟೊ), ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪರಸ್ಪರ ಒತ್ತುವ ಬಲದ ಮೇಲೂ ಅವಲಂಬಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿಶ್ರಾಂತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತು, ನಿಂತಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಒತ್ತುತ್ತಿರುವ ಬಲ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕದಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಅದು ನಿಂತಿರುವ ಭಾರವಾದ ಒಂದು ಬೆಟ್ಟ ಜರುಗಬೇಕಾದರೆ, ಘರ್ಷಣಾಬಲ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿರಬೇಕೆಂದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೆಟ್ಟವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಒಂದು ಭಾಗವೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಉರುಳುತ್ತಿರುವ ಚೆಂಡಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಾದರೆ ಘರ್ಷಣಾಬಲ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಚೆಂಡು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಷ್ಟು ಹೊತ್ತು ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗಿ ಚೆಂಡನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ತಂದುಬಿಡುತ್ತದೆ. ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಜರುಗಿಸಿದಾಗ ಘರ್ಷಣಾ ಬಲ ಜಾಸ್ತಿಯಾದ್ದರಿಂದ ತಟ್ಟೆಯು ಬೇಗ ವಿಶ್ರಾಂತಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದುಬಿಡುತ್ತದೆ. ಘರ್ಷಣಾಬಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಎಲ್ಲಾ ಬಲಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮ ಖಡಾಖಂಡಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದಾಗಲೂ ಘರ್ಷಣೆ ಇರುತ್ತದೆ. ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಾಹನ ಅಥವಾ ರೈಲಿನ ವೇಗವನ್ನು ಹತೋಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಯಂತ್ರದ ಅವಶ್ಯಕತೆಗೆ ಕಾರಣ ಚಕ್ರಗಳು ಮತ್ತು ಭೂಮಿ (ಅಥವಾ ಕಂಬಿಗಳ) ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ, ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ವಾಹನದ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆ ಎಂದರೆ ನಿಜಸಂಗತಿಯಾದೀತು. ಗಾಳಿಯ ನಿರೋಧ (resistance) ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಆಕಾರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾರವಾದ ಗುಂಡಗಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ನಿರೋಧ ಪ್ಯಾರಾಚೂಟಿನ ನಿರೋಧಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ. ಪ್ಯಾರಾಚೂಟನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಯಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಲೆಂದು ಹೆಚ್ಚು ನಿರೋಧ ಇರುವಂತೆ ಯೋಜಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ನಿರೋಧ ಬಲವು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗುವವರೆಗೂ ನಿರೋಧದ ದರವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಮವಾದೊಡನೆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗವೂ ನಿಂತು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ವಸ್ತುವು ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ನಿಯಮದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಹಾಗೆಯೇ ಆಯಿತು.

ಅಂತೂ ಈ ಘರ್ಷಣೆ ಒಂದು ಲಕ್ಷಣ ಬಲ. ಯಾವಾಗಲೂ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರೋಧಿಸುತ್ತಿರುವುದೇ ಇದರ ಸ್ವಭಾವ. ಮೇಜಿನ ಮೇಲಿರುವ ಒಂದು ಭಾರವಾದ

ವಸ್ತುವನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಎಳೆದುಕೊಂಡರೆ, ಘರ್ಷಣಾಬಲದ ದಿಕ್ಕು ಅದಕ್ಕೆ ವಿಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ತಳ್ಳಿದರೆ ಘರ್ಷಣಾಬಲ ನಿಮ್ಮ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಥೆ ಹೇಳ್ತಾರಲ್ಲ: ಒಬ್ಬ ಹೆಂಗಸು ಅವಳ ಮಗಳಿಗೆ "ಹೋಗು, ಮಗು ಏನು ಮಾಡ್ತಾ ಇದೆ ಅಂತ ನೋಡಿ, ಅದನ್ನ ಮಾಡಬೇಡಾ ಅಂತ ಹೇಳು" ಅಂತ ಹೇಳಿದಳಂತೆ. ಹಾಗಾಯ್ತು ಈ ಘರ್ಷಣಾಬಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಯಾವಾಗಲೂ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದೇ ಹೋಗಲಿ ಎಂದೇ ಹೇಳುತ್ತಿರುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಈ ಘರ್ಷಣಾಬಲ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬೇಕಾದರೆ ಅಥವಾ ಒಂದು ಅಚಲ ವೇಗದಲ್ಲೇ ಚಲನೆ ಮುಂದುವರಿಯಬೇಕಾಗಿದ್ದರೆ—ಸಮತಟ್ಟಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯಾದರೂ ಸಹ—ಬೇರೆ ಬಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗವಿರಲೇಬೇಕು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಾದರೆ ಘರ್ಷಣೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಗ್ರಹಗಳು ಗಾಳಿಯ ಪೂರ್ಣ ನಿರನಿಲ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿವೆ. ಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕವಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಅವು ಪ್ರಚೋದನ ಬಲವಿಲ್ಲದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಇರಬಲ್ಲವು. ಸೂರ್ಯನ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು ಇಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪಥವು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯದಂತೆ ಬಾಗಿಸುವುದಷ್ಟೇ ಹೊರತು ಅವುಗಳನ್ನು ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬೇಕಾದರೆ ಹೊರಗಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗ ಅವಶ್ಯಕ ಎಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದ ಪುರಾತನರು, ಗ್ರಹಗಳು ಹೀಗೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಬಲಕಾರಕಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮದಿಂದ, ಎಳೆಯುವ ಅಥವಾ ತಳ್ಳುವ ಬಲಗಳೇನೂ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕುರಿತದ್ದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಬಲಪ್ರಯೋಗದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆಂದು ನ್ಯೂಟನ್ನನು ತನ್ನ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುತ್ತಾನೆ. ಯಾವುದನ್ನು

ನ್ಯೂಟನ್ 'ಚಲನೆ' ಎಂದು ಕರೆದನೋ ಅದನ್ನು ಈಗ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ ಅಥವಾ ಆವೇಗ (Momentum) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈ 'ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ' ದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ವೇಗ ಎರಡನ್ನೂ ಪರಿಗಣಿಸಿದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಹೋದರೆ ಆ ವೇಗ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿ ಮತ್ತು ವೇಗದ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈಗ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಲೇ ಇದ್ದರೆ, ವೇಗವೂ ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ತ್ತಲೇ ಹೋಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ವೇಗವು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ವೇಗದಲ್ಲಾಗುವ ಒಟ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಎಷ್ಟು ಹೊತ್ತು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಯಿತೆನ್ನುವುದರ ಮೇಲೂ ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಲದ ಗುಣಲಬ್ಧವೇ ಆಘಾತ (impulse). ಈಗ ಈ ಎಲ್ಲ ಪದಗಳ ಅರ್ಥ ಗೊತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಆವೇಗದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಆಘಾತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಲಪ್ರಯೋಗದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೀಳುವ ವಸ್ತುಗಳ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಿಗೆ ಕಾರಣವಿರದಿರಲೆಂದು ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯ ನಿರೋಧಕವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳದಿರಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬೀಳುವ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಗಾಳಿಯ ನಿರೋಧ ಅತ್ಯಲ್ಪ.

ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನವಲಂಬಿಸುವುದೆಂದು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮೊದಲು ನಮಗೆ ಕಾಣಬರುವುದು. ಅಂದರೆ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ನಿಯತ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವೂ ಎರಡರಷ್ಟಾ ಗುತ್ತದೆ, ಚಾಲಕ ಬಲವೂ ಎರಡರಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಬೀಳಲು

ಆರಂಭವಾದನಂತರ ಯಾವ ಕ್ಷಣದಲ್ಲೇ ಆಗಲಿ, ಎಷ್ಟೇ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಇರಲಿ ಬೀಳುವ ವೇಗ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಪೌಂ. ತೂಕದ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನೂ, 8 ಪೌಂ. ತೂಕದ ಇನ್ನೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೀಳಿಸಿದರೆ, ಅವೆರಡೂ ಒಟ್ಟಾಗಿ ಚಲಿಸುವುದಲ್ಲದೆ ಒಟ್ಟಾಗಿಯೇ ನೆಲವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ 8 ಪೌಂ. ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ, 2 ಪೌಂ. ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ (ಇಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ನಿರೋಧವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿಲ್ಲ).

ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ ಬದಲಾಗದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸುವ ವೇಗದ ದರವೂ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗದ ದರವೂ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ವೇಗದ ದರದ ಹೆಚ್ಚುವಿಕೆಯನ್ನು 'ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ' (Acceleration) ಎನ್ನುವರು. ಇದರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟು ತಡೆಯಿಲ್ಲದೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು ಒಂದು ನಿಯತಾಂಕ ಎಂದು ಹೇಳಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 32·2 ಅಡಿಗಳಿದ್ದರೆ, ಎರಡನೆ ಸೆಕೆಂಡಿನ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಎರಡರಷ್ಟು ಅಂದರೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 64.4 ಅಡಿಗಳು, ಮೂರನೆ ಸೆಕೆಂಡಿನ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಮೂರರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗ ಅಂದರೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 96·6 ಅಡಿಗಳೂ ಆಗಿ ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದೇ ದರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ದರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿಲ್ಲ. ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದ ದೂರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆರಂಭದಿಂದ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿದರೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದ ದೂರವು ಕಾಲದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಮಿಷದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಆರಂಭ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ 16.1 ಅಡಿ ಕೆಳಗೂ, ಎರಡನೆ ನಿಮಿಷದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಆರಂಭ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ $16.1 \times 2^2 = 64.4$ ಅಡಿ ಕೆಳಗೂ, ಮೂರನೆ ನಿಮಿಷದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ $16.1 \times 3^2 = 144.9$ ಅಡಿಗಳ ಕೆಳಗೂ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

ಯಾವಾಗಲೂ 'g' ಇಂದ ಸೂಚಿಸುವ ಗುರುತ್ವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ (acceleration of gravity) ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳಲ್ಲೂ ಇದು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು, ಇನ್ನೂರು ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ಕಾಲ ಹಿರಿಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಜೀವವನ್ನೇ ಮುಡುಪಾಗಿಟ್ಟರು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವು ಲೋಲಕದ (pendulum) ಗುಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಎಳೆತ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉದ್ದದ ಲೋಲಕದ ಬಡಿತವೂ ಜೋರಾಗುವುದೆನ್ನುವುದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬಹುದಾದ ಅಂಶ. ಲೋಲಕವು ಒಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ, ಈ ಎಳೆತವೇ ಅದನ್ನು ವಾಪಸು ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಲೋಲಕದ ಆವರ್ತದ ವೇಗ ಬರಬರುತ್ತಾ ಹೆಚ್ಚಿ ಕಡೆಗೆ ಅಧೋ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆಗ ಲೋಲಕ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು ಅದನ್ನು ಅಷ್ಟೇ ದೂರದ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತದೆ. ಲೋಲಕದ ಆವರ್ತಕಾಲ (ಅಂದರೆ ಲೋಲಕವು ಒಂದು ಪೂರ್ತಿ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲ), ಅದರ ಉದ್ದ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ g — ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಒಂದು ಗಣಿತ ಸೂತ್ರವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉದ್ದ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ g ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇದೇನೋ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಶೇಕಡ 1 ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆಯ ಬೆಲೆಯಷ್ಟೆ ನಮಗೆ ಸಾಕಾಗಿದ್ದರೆ ಇಷ್ಟೇ ಸುಲಭವಾಗಿ g ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾದ ಬೆಲೆ ಬೇಕಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಆಗ ಅತ್ಯಂತ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ರಚಿಸಿರುವ ಲೋಲಕವನ್ನೂ ಅದನ್ನು ತೂಗುಹಾಕುವ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನೂ ಅಷ್ಟೇ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದಲೇ ಅನುಗೊಳಿಸಬೇಕು ಇಷ್ಟಲ್ಲದೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವೂ ಬಹಳ ತೊಡಕಿನದೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟಾಗಿಯೂ ಲೋಲಕದ ಆಧಾರದಲ್ಲಿ ಅಕಸ್ಮಾತ್ ಉಂಟಾಗುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು

ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಪಾಟ್ಸ್‌ಡಾಮ್‌ನಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾರ್ಯಕರ್ತರು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವ g ಯ ಬೆಲೆಗಳು (ಏಕೆಂದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಪ್ರಪಂಚದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಪೂರ್ತಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ) ಸೆಕೆಂಡೊಂದಕ್ಕೆ ಸೆಕೆಂಡೊಂದಕ್ಕೆ 981.256 ಮತ್ತು 981.262 ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ 'ಸೆಕೆಂಡೊಂದಕ್ಕೆ' ಎಂದು ಎರಡು ಸಲ ಬರೆಯುವುದು ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ವೇಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಾಗ ಒಂದು ಸಲ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಇಷ್ಟು ಸೆಂ. ಮೀ. ಎಂದು ಹೇಳುವುದರಿಂದಲೂ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು ಕಾಲಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ವೇಗದ ಬದಲಾವಣೆಯಾದುದದರಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು 'ಸೆಕೆಂಡೊಂದಕ್ಕೆ' ಎಂಬುದನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನಾವು ವೇಗವನ್ನು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ನಿಮಿಷವೊಂದಕ್ಕೆ ಸೆಕೆಂಡ್ ಒಂದಕ್ಕೆ ಇಷ್ಟು ಸೆಂ. ಮೀ. ಎಂದು ಬರೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ 'g'ಯ ಬೆಲೆಗಳು $\frac{1}{100000}$ ಅಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿವೆ. ಇಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುವ ಮೋಜಿಗೆ ಬಿದ್ದ ಸಂಶೋಧನಕಾರರು, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಜೀವಿತದ ಅಮೂಲ್ಯ ವರ್ಷಗಳನ್ನು ಇಂತಹವುಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರಲ್ಲೇ ಕಳೆದಿದ್ದಾರೆ. ಈಗಲೂ ಅನೇಕ ಬುದ್ಧಿಶಾಲಿಗಳು ಇದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು $\frac{1}{1000000}$ ಅಂಶದಷ್ಟು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ ಸಂತೋಷದಿಂದ ತಮ್ಮ ಜೀವಿತದ ಬಹುಭಾಗವನ್ನು ವ್ಯಯಿಸಲು ಸಿದ್ಧರಿದ್ದಾರೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮವು ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಮವಾಗಿಯೂ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ A ಮತ್ತು B ಎಂಬ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ವರ್ತಿಸಿದಾಗ, Bಯ ಮೇಲಿನ Aಯ ಕ್ರಿಯೆಯು, Aಯ ಮೇಲಿನ Bಯ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿಯೂ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದಾಯಿತು.

ಇದನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಈಗ ಪ್ರಯತ್ನಿಸೋಣ. ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಯೂರೋಪಿನ ಜನರು ಮೇಲೆ ಪಟ್ಟಿಗಳಿರುವ

ಉದ್ದವಾದ ಬೂಟುಗಳನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ಪಟ್ಟಿ ಉದ್ದವಾದ ಬೂಟುಗಳನ್ನು ಎಳೆದು ಹಿಡಿದಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ಈ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಬೂಟನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹಿಡಿದೆಳೆಯುತ್ತಾಗಲೀ, ಬೂಟು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿರುವ ಮನುಷ್ಯನನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹಿಡಿದೆತ್ತುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬ ಹೇಳಿಕೆ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿತ್ತು. ಇದು ಅವರೆಂದು ಕೊಂಡಿದ್ದಷ್ಟು ಅಸಾಧ್ಯ ಕಾರ್ಯವೇನಲ್ಲ! ಬೇಕಾದರೆ ಹಿಡಿದೆಳೆಯುವುದ ರಿಂದಲೇ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮೇಲ್ಮುಖ ಬಲವನ್ನು ಅವನ ಬೂಟಿನ ಮೇಲೆ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಮೂರನೆ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಅವನು ಅದನ್ನು ಎಷ್ಟು ಬಲವಾಗಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುವನೋ ಅಷ್ಟೇ ಬಲವಾಗಿ ಬೂಟುಗಳು ಅವನನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುವುದರಿಂದ ಚಲನೆಯು ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಂದೂಕವನ್ನು ಹಾರಿಸಿದಾಗ, ಬಂದೂಕ ಸ್ಫೋಟನ ಶಕ್ತಿ ಎಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ, ಬಂದೂಕವು ಗುಂಡನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಜೋರಾಗಿ ದೂಡುತ್ತದೆಯೋ, ಅಷ್ಟೇ ಜೋರಾಗಿ ಗುಂಡು ಬಂದೂಕವನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕೋಸ್ಕರವೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಬಂದೂಕವು ಗುಂಡು ಹಾರಿದ ತಕ್ಷಣ ಹಿನ್ನೆಗೆಯುತ್ತದೆ. ಬಂದೂಕದ ತೂಕವು ಸಾಕಷ್ಟಿರುವುದರಿಂದ, ಗುಂಡು ಹಾರಿದಷ್ಟೇ ಜೋರಾಗಿ ಹಿನ್ನೆಗೆಯದಿದ್ದರೂ, ಹಿನ್ನೆಗೆತದ ವೇಗವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇಂದು ಮನೆಮಾತಾಗಿರುವ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳು, ಈ ಹಿನ್ನೆಗೆತದ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ತಕ್ಕುದಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ. ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದ ಕೆಳಮುಖವಾಗಿ ನುಗ್ಗುವ ಅನಿಲಗಳು ಕ್ಷಿಪಣಿಯನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹಾರಿಸುತ್ತವೆ. ನುಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲಗಳು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಒತ್ತುವುದರಿಂದಲೇ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಕೆಲವರು ತಿಳಿದಿದ್ದಾರೆ. ಆದರೆ ಕ್ಷಿಪಣಿಯನ್ನು ನಿರನಿಲ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲೂ ಹಾರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಜೆಟ್ ವಿಮಾನವೂ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ಯಂತ್ರದಿಂದ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುವುದರಿಂದ ವಿಮಾನವು ಮುಂದಕ್ಕೆ ನುಗ್ಗು ತ್ತದೆ. ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುವ ಬಲವು, ವಿಮಾನವನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ ನೂಕುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೆಲದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ನೆಗೆದಾಗ,

ಭೂಮಿಯು ಎಷ್ಟು ಬಲವಾಗಿ ನಿಮ್ಮನ್ನು ತಳ್ಳುತ್ತದೆಯೋ, ಅಷ್ಟೇ ಬಲವಾಗಿ ನೀವು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತೀರಿ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಯು ನಿಮ್ಮದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ, ನೀವು ತಳ್ಳಿದುದರಿಂದ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಇಷ್ಟಾದರೂ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳಬಹುದಲ್ಲವೆ? ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ನೂಕುವ ಗಾಡಿಯನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಆ ಗಾಡಿ ಮನುಷ್ಯನನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳ ಬೇಡವೇ ? ಹೀಗಾದರೆ ಗಾಡಿಯ ಚಲನೆಯು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ? ಗಾಡಿಯೂ ಮನುಷ್ಯನೂ ನಯವಾದ ಹಿಮದ ಮೇಲಿದ್ದಾಗ, ಅಥವಾ ತತ್ವಶಃ ನಯವಾದ ಯಾವುದಾದರೂ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿದ್ದಾಗ ಮನುಷ್ಯ ಗಾಡಿಯನ್ನು ಎಷ್ಟೇ ತಳ್ಳಿದರೂ ಅವನು ಗಾಡಿಯನ್ನು ಕೈ ಬಿಡುವವರೆಗೂ ಗಾಡಿ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇತರ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಮನುಷ್ಯನ ಪಾದಕ್ಕೂ, ನೆಲಕ್ಕೂ ನಡುವಿನ ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮನುಷ್ಯನು ಭೂಮಿ ತನ್ನನ್ನು ಎಷ್ಟು ಬಲವಾಗಿ ನೂಕುವುದೋ (ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ), ಅಷ್ಟೇ ಬಲ ವಾಗಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಅವನು ತಳ್ಳುತ್ತಾನೆ (ಕ್ರಿಯೆ). ಭೂಮಿಯನ್ನು ಇವನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿದ ಬಲ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಭೂಮಿಯಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾದ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದಲೇ ಮನುಷ್ಯನೂ, ಗಾಡಿಯೂ, ಒಟ್ಟಿಗೆ ಮುಂದೆ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಪುನಃ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಮೂರ ನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಿದೆ.

ಇನ್ನೊಂದು ಉದಾಹರಣೆ: ಸಂಪೂರ್ಣ ನಯವಾದ ಹಿಮದ ಮೇಲೆ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಪರಿಪೂರ್ಣ ನಯವಾದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ಹೊರಬರುವುದು ಹೇಗೆ? ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆ ಅತಿ ಪುರಾತನವಾದುದು. ಅದರ ಮೇಲೆ ನಡೆಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ ಪ್ರತಿ ಹೆಜ್ಜೆಗೂ ಆತ ಜಾರುತ್ತಾನೆ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪರಿಹಾರವೇನೆಂದರೆ, ಅವನು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿರುವ ಜೋಡುಗಳನ್ನು ಅವನಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಜೋರಾಗಿ

ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಎಸೆದರೆ, ಅವನು ಜೋಡಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಷ್ಟೇ ಬಲ ಜೋಡಿನಿಂದ ಅವನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿ, ಬಂದೂಕ ಹಿನ್ನೆಗೆದಂತೆ ಅವನೂ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ನೆಗೆಯುತ್ತಾನೆ. ಇಲ್ಲಿ ಜೋಡು ಎಂದು ಹೇಳಿದ್ದರೂ, ಅವನಲ್ಲಿರುವ ಬೇರೆ ಯಾವ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಎಸೆದರೂ ಇದೇ ಪರಿಣಾಮವಾಗುವುದೆಂದು ಸಂದೇಹಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ನಾವು ಇದುವರೆಗೂ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಮೂರು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದೆವು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಧೂಳಿನ ಕಣದಿಂದ ಹಿಡಿದು ರಾಕೆಟ್‌ವರೆಗೂ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರಿಸುವ ಪ್ರತಿ ಯಂತ್ರವೂ ಈ ನಿಯಮಗಳಿಗೊಳಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದರೆ ಈ ನಿಯಮಗಳು ಎಷ್ಟು ಮಹತ್ವವಾದವುಗಳು ಎಂದು ಬೇರೆ ಹೇಳಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾದ ಮೇಲೆ ಇವುಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಅನೇಕ ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನೆ ಬರೆದಿದ್ದಾರೆಂದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಗುವಂತಹ ಸಂಗತಿಯೇನಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈಗ ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಅವಶ್ಯವಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಗಣಿತದ ತೊಡಕಿಲ್ಲದೆ, ಅದರ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಎಷ್ಟು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟನ್ನು ಅರ್ಥವತ್ತಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದು. ಇವುಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಚರ್ಚೆಗಳು ಕೇಳಿಬರುವುದಿಲ್ಲವಾದರೂ, ಚಲಿಸುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳು, ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ (ಚೆಂಡಾಗಲಿ, ಮೋಟಾರು ವಾಹನವಾಗಲೀ, ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳೇ ಆಗಲೀ) ಈ ನಿಯಮಗಳ ತಳಹದಿಯನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ

ಇಲ್ಲಿಯವರೆವಿಗೂ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, ತೂಕ, ಬಲ, ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಆಘಾತ ಎಂದರೇನೆಂದು ಚರ್ಚಿಸಿದೆವು. ಇನ್ನು ಒತ್ತಡ [‘ಬಲ’ದಿಂದ ಇದು ಹೇಗೆ ಬೇರೆ], ಕೆಲಸ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಎಂದರೇನೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಏಕಮಾನ ಸಲೆಯ ಮೇಲೆ ಒತ್ತುವ ಬಲವೇ ‘ಒತ್ತಡ’. 4 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸವಿರುವ ಒಂದು ಆಡುಬೆಣೆ (ಕೊಂತ) ಒಂದು ಚದುರ ಅಂಗುಲಕ್ಕೆ 200 ಪೌಂ. ಒತ್ತಡವಿರುವ ಒಂದು ಕೊಳವೆಯೊಳಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಆಡುಬೆಣೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ 2514 ಪೌಂ.ಗಳ ತೂಕದಷ್ಟು (4 ಅಂಗುಲ ಆಡುಬೆಣೆಯ ಸಲೆ 12.57 ಚ. ಅಂ.) ಆಗುತ್ತದೆ. ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಪೌಂಡ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಮೂಲಮಾನ. ಈ ಒಂದು ಪೌಂಡನ್ನು

ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಗುರುತ್ವ ಬಲವೇ, ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಬಲದ ಮೂಲಮಾನ. ಇದನ್ನೆ 'ಪೌಂಡ್ ತೂಕ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ರೂಢಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚದರ ಅಂಗುಲಕ್ಕೆ ಪೌಂಡ್‌ಗಳ ತೂಕ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೂ, ಸರಿಯಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಚದರಂಗುಲಕ್ಕೆ ಪೌಂಡ್‌ಗಳ ತೂಕ ಎಂದೇ ಹೇಳಬೇಕು. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಚದರ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಚದರಂಗುಲಕ್ಕೆ, ಒಂದು ಚದರಡಿಗೆ ಅಥವಾ ಒಂದು ಚದರ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ಎಂದೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಸೂಚಿಸಬೇಕು.

ಈಗ 'ಕೆಲಸ'. ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯುಂಟಾಗಿದ್ದರೆ, ಆ ಬಲವು 'ಕೆಲಸ' ಮಾಡಿದೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕೆಲಸವನ್ನು ಬಲ ಮತ್ತು ಬಲಪ್ರಯೋಗದ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ವಸ್ತು ಚಲಿಸಿದ ದೂರದ ಗುಣಲಬ್ಧದಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ, ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ಒಂದು ಗಾಡಿಯನ್ನೊ ಒಂದು ಬೆಟ್ಟವನ್ನೊ ಎಷ್ಟೇ ಕಷ್ಟಪಟ್ಟು ತಳ್ಳಿದ್ದರೂ, ಅದು ಚಲಿಸಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಅವನು ಕೆಲಸವನ್ನೇ ಮಾಡಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲಕ್ಕೆ ವಿಮುಖವಾಗಿ ಎತ್ತಿದಾಗ 'ಕೆಲಸ' ನಡೆಯಿತೆಂದೂ, ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ ಮತ್ತು ಎತ್ತಿದ ನೇರ ದೂರದ ಗುಣಲಬ್ಧದಿಂದ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನೇ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ 'ಕೆಲಸ'ದ ಮೂಲಮಾನವನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಒಂದು ಪೌಂಡ್ ತೂಕವಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದು ಅಡಿ ನೇರವಾಗಿ ಎತ್ತಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕೆಲಸವೇ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿನ 'ಕೆಲಸ'ದ ಮೂಲಮಾನ 'ಅಡಿ ಪೌಂಡ್' (ಫುಟ್ ಪೌಂಡ್). ಸರಿಯಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ 'ಅಡಿ ಪೌಂಡ್ ತೂಕ' ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕು. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 'ತೂಕ' ಎನ್ನುವ ಪದವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಬಿಡುತ್ತಾರೆ.

ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದ್ದರೆ 'ಶಕ್ತಿ' ಎನ್ನುವರು. 10 ಪೌಂಡ್ ತೂಕದ ವಸ್ತುವು ನೆಲದಿಂದ 20 ಅಡಿ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅದಕ್ಕೆ 'ಶಕ್ತಿ' ಇದೆ ಎನ್ನುವರು. ಹೇಗೆಂದರೆ ಅದರ ಕೈಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ

ಹಗ್ಗದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಕ್ರವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬಹುದು. ರಾಟೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎತ್ತಬಹುದು. ಆದರೆ ಎತ್ತುವ ದೂರ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಶಕ್ತಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಘರ್ಷಣೆಯೇ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ 10 ಪೌಂ. ತೂಕದ 20 ಅಡಿ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು 100 ಪೌಂ. ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು 2 ಅಡಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಬಲ್ಲದು (ಏಕೆಂದರೆ $20 \times 10 = 100 \times 2$). ಆದರೆ ಘರ್ಷಣೆ ಇರುವುದರಿಂದ 2 ಅಡಿಯಷ್ಟು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು. ಘರ್ಷಣಾಬಲಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಈ ರೀತಿಯ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಾದ ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟವು, ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಲಾಭಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಇರುವ ಶಕ್ತಿಗೆ 'ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ' (potential energy) ಎನ್ನುವರು. ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ನಿಲ್ಲದೆ ನಡೆಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ಸುರುಳಿಯದು. 'ಸ್ಥಾನ ಶಕ್ತಿ' ಸುತ್ತಮುತ್ತಲ ಜಾಗಕ್ಕಿಂತ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಕೊಳಕ್ಕೂ 'ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ' ಇರುತ್ತದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ ಈ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ನೀರು ಯಂತ್ರವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಬಹುದು.

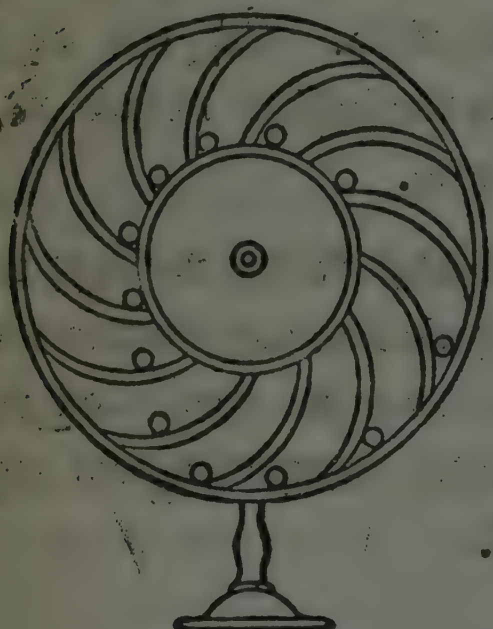
ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಶಕ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯೇ ಬಹಳ ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆ. ಗಾಳಿಯು ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬೀಸುವ ಗಾಳಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ನಡೆಸುವುದು. ಯಂತ್ರದ ಅಲಗುಗಳಿಂದ ಹೊರ ಬರುವ ಗಾಳಿಯ ವೇಗವು ಯಂತ್ರದ ಅಲಗುಗಳ ಮೇಲೆ ಹಾದು ಹೋಗದ ಗಾಳಿಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ನಷ್ಟವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಂತ್ರವು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಗಳಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಯಂತ್ರವನ್ನು ನೀರೆತ್ತುವುದಕ್ಕೂ, ಯಂತ್ರದ ಚಕ್ರವನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು

ಘರ್ಷಣಾಬಲವನ್ನು ಎದುರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಲೀ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯಿಂದ ಬರುವ ಶಕ್ತಿಗೆ 'ಚಲನ ಶಕ್ತಿ' (kinetic energy) ಎನ್ನುವರು.

ಕೆಲಸದ ದರವನ್ನು 'ಸಾಮರ್ಥ್ಯ' ಎನ್ನುವರು. ಇದು ಯಂತ್ರದ ಧಾರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ. ಮೋಟಾರ್ ಕಾರನ್ನು ಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದಿರುವ ಮನುಷ್ಯನು, ಆ ಕಾರು 100 ಮೈಲಿ ದೂರ ಹೋಗುವಷ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡು ತ್ತದೆಯೋ ಇಲ್ಲವೋ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅದು ಎಷ್ಟು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಈ ನೂರು ಮೈಲಿಯನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತಾನೆ. ಅಂದರೆ ಅವನಿಗೆ ಕೆಲಸದ ದರವೂ ಬೇಕೆಂದಾಯಿತು. ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಮಾನ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಒಂದು ಅಡಿ ಪೌಂ. ಆದರೆ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾನ ಒಂದು 'ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯ'. ಒಂದು ಅಶ್ವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಅಂದರೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 550 ಅಡಿ ಪೌಂಡ್‌ಗಳು ಅಥವಾ ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 33,000 ಅಡಿ ಪೌಂಡ್‌ಗಳು. ಆಧುನಿಕ ಹಬೆ ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾತೃ ಜೇಮ್ಸ್ ವಾಟ್, ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಕುದುರೆಗೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 550 ಅಡಿ ಪೌಂಡ್ ಗಳಷ್ಟು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುತ್ತದೆಂದು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಒಂದು ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಎಂದು ಕರೆದನು. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮಾನ 'ವಾಟ್' ಅನ್ನು ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಣೆ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಜೇಮ್ಸ್ ವಾಟ್‌ನ ಗೌರವಾರ್ಥ ಅವನ ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ. 1000 ವಾಟ್‌ಗಳು ಅಥವಾ ಒಂದು ಕಿಲೋವಾಟ್ 1·34 ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮ. ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 50 ಅಡಿ ಪೌಂಡ್ ಅಂದರೆ ಒಬ್ಬ ಸಾಧಾರಣ ಮನುಷ್ಯನು ಒಂದು ಗಂಟೆಯಲ್ಲಿ 1000 ಅಡಿ ಏರಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತಾನೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಅಥವಾ ಭೌತಿಕ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಲಾಭವಾಗಲಿ ನಷ್ಟವಾಗಲಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ವೆಂದು ಶಕ್ತಿನಿತ್ಯತೆಯ ನಿಯಮ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಒದಗಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಯೂ, ಪಡೆದ ಶಕ್ತಿಯೂ ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ನಿಯಮದ

ಪ್ರಕಾರ, ಬಹಳ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ, ಮತ್ತು ಈಗಲೂ ಕೆಲವು ನಿರ್ಮಾತೃಗಳು, ಸಾಕಷ್ಟು ಕಲ್ಪನಾ ಚಾತುರ್ಯ ಹಾಗೂ ಬುದ್ಧಿವಂತಿಕೆಯಿಂದ, ಎಡಬಿಡದೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಚಲಿಸುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ('ನಿರಂತರ ಚಾಲಕ'ವನ್ನು) ನಿರ್ಮಿಸ ಬಹುದೆಂದು ಯೋಚಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಒಂದು ಹಳೆಯ ನಿರಂತರ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದ ಚಕ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 1 ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಗುಂಡುಗಳು ಚಲಿಸುವಂತಿರುವ ಬಗ್ಗಿರುವ ಕಂಬಿಗಳಿರುವ ಚಕ್ರವಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದರ ನಿರ್ಮಾತೃ ಎಡಗಡೆಗಿರುವ ಗುಂಡುಗಳು ಬಲಗಡೆಯಲ್ಲಿರುವ ಗುಂಡುಗಳಿಗಿಂತ ಚಕ್ರ ಮತ್ತು ಅಚ್ಚಿಗೆ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ, ಚಕ್ರವು ತಿರುಗುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದನು. ಅಂದರೆ ಚಕ್ರವು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ಗಡಿಯಾರ ಸುತ್ತುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರಬೇಕೆಂದಾಯಿತು. ಆದರೆ ಸರಿಯಾಗಿ ವಿವೇಚಿಸಿದರೆ ಬಲಗಡೆಗಿಂತ ಎಡಗಡೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಗುಂಡುಗಳಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಎಲ್ಲ ಗುಂಡುಗಳ ತಿರುಗು ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವುದರಿಂದಲೂ, ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಚಕ್ರಗಳಂತೆಯೇ ಅವು ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆ ನೋಡಲು ಹೋದರೆ ಸಾಧಾರಣ ಚಕ್ರವು, ನಿರಂತರ ಚಾಲಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹೊತ್ತು ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗುಂಡುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ. 1

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗಾದರೂ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅರಿವು ಇರಲೇ ಬೇಕು.

**ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಸರಿಸುಮಾರು ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು :**

ಕೊಠಡಿಯ ಉದ್ದ, ಅಗಲ ಮತ್ತು ಎತ್ತರವನ್ನು ಅಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆದು ಈ ಮೂರರ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ ಕೊಠಡಿಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಘನ ಅಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಸಾಮಾನ್ಯ ತಾಪ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ 1 ಘನ ಅಡಿ ಗಾಳಿಯ ತೂಕ 1·2 ಔನ್ಸ್. ಕೊಠಡಿಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು 1·2 ರಿಂದ ಗುಣಿಸುವುದರಿಂದ ಔನ್ಸ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಹತ್ತು ಅಡಿ ಎತ್ತರ, 30 ಅಡಿ ಉದ್ದ, 20 ಅಡಿ ಅಗಲದ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯ ತೂಕ 7200 ಔನ್ಸ್‌ಗಳು ಅಥವಾ 450 ಪೌಂಡುಗಳು.

ಈ ರೀತಿಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಒಂದು ಬೆಲೂನಿನ ಮೇಲಿನ ಮೇಲ್ಮುಖ ಬಲವನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ ಈ ಬಲವು ಬೆಲೂನು ಒತ್ತರಿಸುವ ಗಾಳಿಯ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಹೋದಂತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಾಗುವ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

# 2

## ವಸ್ತುವಿನ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳು

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವೆಲ್ಲವೂ 'ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳ' ಅಧ್ಯಯನವೇ ಆದರೂ ಮುನ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳು, ಉಷ್ಣಪ್ರಕರಣ, ಬೆಳಕು, ಶಬ್ದ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಪ್ರಕರಣ ಎಂದು ವಿಭಾಗಿಸುವುದು ರೂಢಿ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಆಕಾರ ಬದಲಾವಣೆ, ದ್ರವಗಳ ಹರಿಯುವ ಮತ್ತು ಮೇಲ್ಮೈಗುಣಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡದ ಪರಿಣಾಮ ಇಂತಹ ವಿಶೇಷ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ಇತರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಭಾಗಗಳ ಅಧ್ಯಯನದ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲದಂತೆ ವಸ್ತುವಿನ ಯಾವ ಯಾವ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅದನ್ನು ಮಾತ್ರ 'ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳು' ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದೆಂದು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇವು ಸ್ಥಿತಿ ಭೇದಗಳೇ ಹೊರತು ವರ್ಗಭೇದಗಳಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಲೋಹ ಸತು ಅಥವಾ ನೀರು ಅಥವಾ ಸಾರಜನಕದ ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿಯು ತಾಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲವಾದರೆ ಅದು ಒತ್ತಡವನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ನೀರೇ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆ. ಈ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಕಡಿಮೆ ತಾಪದಲ್ಲಿ, ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬೆಟ್ಟಗಳ ಮೇಲೆ ನೀರು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಬಳಿ ಇರುವ ವಾಯುಗುಣವೇ ಭೂಮಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗದಲ್ಲೂ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ, ಆಗ ನಾವು ನೀರನ್ನು ಕರಗಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವೆಂದೇ ತಿಳಿಯುತ್ತಿದ್ದೆವು. ನೀರನ್ನು ಕುದಿಸಿದಾಗ ಅದು ಕಾಣಿಸದಿರುವ ಅನಿಲ ಅಂದರೆ ಹಬೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹಬೆ ಎಂದರೆ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಕೆಟಲಿನ ಮೂತಿಯ ಹತ್ತಿರ ಕಾಣಿಸುವ ಮೋಡದಂತೆ ಮುಸುಕಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಹಬೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಗಿನ ತಣ್ಣಗಿನ ಗಾಳಿಯಿಂದ ತಂಪಾದ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಬಿಸಿನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿ ನೀರು ಜೋರಾಗಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದಿಂದ ಮೂತಿಯ ಕೊನೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ ಏನೂ ಕಾಣುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿಂದಲೇ ಹಬೆ ಹೊರ ಹೊರಡುವುದು. ನೀರನ್ನು ಚಿಕ್ಕ ಕುತ್ತಿಗೆ ಇರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫ್ಲಾಸ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ಹಬೆ ಇರುವ ಫ್ಲಾಸ್ಕಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಏನೂ ಕಾಣಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿದ ಕೂಡಲೆ ಪುನಃ ಸಣ್ಣ ನೀರಿನ ಕಣಗಳಾಗಿ ಮೋಡದಂತೆ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಹಬೆಯೆಂದು ಕರೆಯುವುದು ರೂಢಿಯಲ್ಲಿದೆ.

ನಾವು ಘನ ವಸ್ತುವೆಂದು ಕರೆಯುವ ಸತುವಿನ ವಿಷಯ ತಿಳಿಯೋಣ. ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಲೋಹವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಘನವಸ್ತುವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಅದು 419°C ನಲ್ಲಿ ಕರಗಿ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವವು 907°C ನಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸದಿರುವ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಸತುವಿನ ಕರಗುವ ತಾಪ ತಾಮ್ರದ ಕರಗುವ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ.*

ಈಗ ಗಾಳಿಯ ಮುಖ್ಯಭಾಗವಾದ ಸಾರಜನಕದ ವಿಷಯ ನೋಡೋಣ. —196°C ನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಅದು ಅನಿಲದಿಂದ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಗೂ ಮತ್ತು —210°C ನಲ್ಲಿ ಘನ ಸ್ಥಿತಿಗೂ ಬರುತ್ತದೆ.

---

*ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನೂ, °C ನ ಅರ್ಥವನ್ನೂ 'ಉಷ್ಣಪ್ರಕರಣ' ದಲ್ಲಿ (ಅಧ್ಯಾಯ 3) ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ —196°C ನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ತಾಪಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ದ್ರವವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ತಾಪ ಅಗತ್ಯ ವಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಈಗಾಗಲೇ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಘನಸ್ಥಿತಿಗೆ ತಂದಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಕೆಲವು ವಿಭಾಗಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ದ್ರವ ರೂಪದ ಗಾಳಿ ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳನ್ನು ಇತರ ಯಾವುದಾದರೂ ದ್ರವವನ್ನು ಕೊಂಡುಕೊಳ್ಳುವಂತೆಯೇ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇವುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಕುದಿದು ಆವಿಯಾಗುವುದನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು, ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ವಿಶಿಷ್ಟ ರಚನೆಯ ಪಾತ್ರೆಗಳು ಬೇಕೆನ್ನುವುದೇನೋ ನಿಜ. ಇದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದೆ.

ಅಂದರೆ ಈಗ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿ ಬರೀ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ತಾಪದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿದೆ ಎಂದೂ, ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲ ರಚನೆಗೂ ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಗೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲವೆಂದೂ ತಿಳಿದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೂ 'ಪರಮಾಣು' (atom) ಗಳೆಂಬ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಣಗಳಿರುವ, ಒಂದೊಂದನ್ನೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗುವಂತಹ 90ಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣುಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಧಾತುಗಳು ಅಥವಾ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು (elements) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ದೊರಕುವುದು ಬಹಳ ವಿರಳ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿರಳ ಭೂ ಧಾತುಗಳು (rare earths) ಎನ್ನುವರು. ಯುರೋಪಿಯಂ, ಗೆಡೋಲಿನಿಯಂ, ಟರ್ಬಿಯಂಗಳು ಆ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಪರಿಶ್ರಮವಿರುವ ಹಲವೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಗೊತ್ತಲ್ಲದೆ ಇತರರಿಗೆ ನಾಮ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಪರಿಚಯ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಎಣಿಕೆಗೆ ಸಿಗದಷ್ಟು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ಧಾತು ಸಂಯೋಗದಿಂದಲೇ ಆಗಿವೆ.

ಸರ್ವೇ ಸಾಮಾನ್ಯ ಧಾತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಯಾವುದರೊಡನೆಯೂ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಾಗ ಒಂದು ಅನಿಲ. ಇದು ಸ್ವತಂತ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ತೂಕದ ಕಾಲು ಭಾಗದಷ್ಟು ಹಾಗೂ ಸಂಯೋಗ

ಹೊಂದಿದಾಗ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ತೂಕದ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಷ್ಟು ಆಗುವುದು.

ಗಾಳಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ 'ಸಿಲಿಕಾನ್' ಇನ್ನೊಂದು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಧಾತು. ಇದು ಗಾಳಿಯೊಡನೆ ಸಂಯೋಗವಾಗಿ ಬೆಟ್ಟಗಳೂ, ಮರಳೂ ಆಗಿದೆ. ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಸಹ ಇತರ ವಸ್ತುಗಳೊಡನೆ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯ ಬೆಟ್ಟಗಳು ಮತ್ತು ಮಣ್ಣಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿದೆ. ಇವೆರಡು ಧಾತುಗಳು ಈಗ್ಗೆ 150 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದೇ ಇದ್ದುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈಗಲೂ ಅವು ಬಿಡಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವುದಿಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕವು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಅವುಗಳ ಸುಮಾರು ಗಾತ್ರ ಒಂದು ಅಂಗುಲದ 10 ಕೋಟಿಯ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು. ಇದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕದು ಇದರ ಅರ್ಧದಷ್ಟು; ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡದು ಇದರ ಎರಡರಷ್ಟೂ ಇದ್ದೀತಷ್ಟೆ. ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಎಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕದೆಂದರೆ ಹಲವು ನೂರುಗಟ್ಟಲೆ ಸಾವಿರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲೊಂದು ಜೋಡಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಉದ್ದ ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಹಾಳೆಯ ದಪ್ಪದಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ಗಾತ್ರ ವೆಷ್ಟೆಂದು ಸ್ವಲ್ಪವಾದರೂ ಮನವರಿಕೆಯಾಗುವುದು.

ಆಶ್ಚರ್ಯದ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ, ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸದ* ಅನಿಲದಂತಹ ಧಾತುಗಳೇ ಬಹಳ ಸರಳವಾದ ರಚನೆಯಿರುವ ಮತ್ತು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ಧಾತುಗಳು. ಘನ ಅಥವಾ ವಿರಳ ಅನಿಲಗಳೆಂದು ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿರುವ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಇರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ದೀಪಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ನಿಯಾನ್ ಮತ್ತು ಆರ್‍ಗಾನ್ ಅನಿಲಗಳು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ವರ್ಗದ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳು. ಅವುಗಳ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲು ಅವುಗಳನ್ನು 'ಏಕ ಪರಮಾಣು' (monatomic) ಅನಿಲಗಳೆನ್ನುವರು. ಅನೇಕ ಅನಿಲಗಳು ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣು

* ಕ್ಲೋರಿನ್‍ನಂತಹ ಕೆಲವು ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಬಣ್ಣವಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ.

ಗಳಿರುವ ಕಣಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದಕ್ಕೆ ನಿಕಟವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವುದನ್ನು 'ಅಣು' ( molecule ) ಗಳೆನ್ನುವರು.

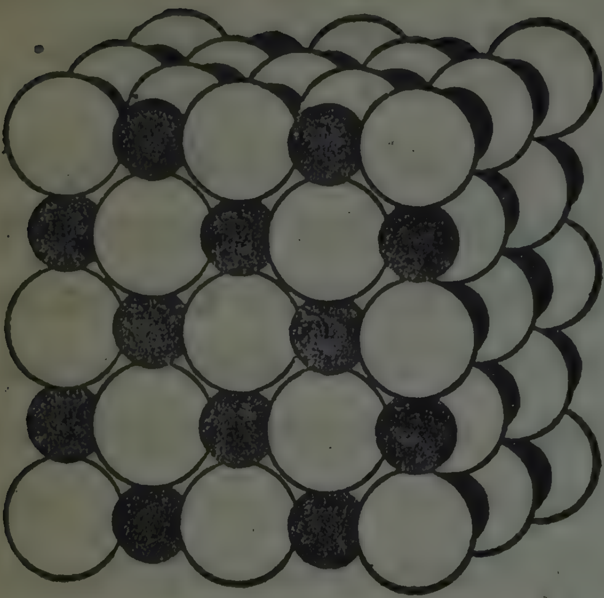
ಧಾತುಗಳಾದ ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಕೆಲವು ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳಲ್ಲೂ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅನೇಕ ಅನಿಲ ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ತಂಪು ಪಾನೀಯಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿ ಸುವ ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವೂ ಎರಡು ಆಮ್ಲನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಹಿಡಿದಿರುತ್ತವೆ. ಈಗ ನಾವು ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳು ಅಣುಗಳಿಂದ ಆಗಿವೆಯೆಂದೂ, ವಿರಳ ಅನಿಲಗಳು ಒಂದೇ ಪರಮಾಣುವಿರುವ ಬಹಳ ಸರಳ ರಚನೆಯ ಅಣುಗಳಿಂದಾಗಿವೆ ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು.

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಅಣುವು ಇನ್ನೊಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿರುವ ದೂರ ಹೆಚ್ಚೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಅಣುಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಥವಾ ಆ ಅನಿಲ ಇರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗೂ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಡಿಕ್ಕಿ ಅಥವಾ ಹೊಡೆತವೇ ಅನಿಲವು ಪಾತ್ರೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಒತ್ತಡ. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವ ಮಧ್ಯೆ ಅವುಗಳ ಚಲನೆ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಡಿಕ್ಕಿಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಡಿಕ್ಕಿಗೂ ಮಧ್ಯೆ ಒಂದು ಅಣು ಚಲಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರ (ಸರಾಸರಿ ನೇರ ದೂರ: mean free path) ಸರಾಸರಿ ನೇರ ದೂರ ಅಣುವಿನ ವ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ದೂರವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ನೇರ ದೂರ ಅದರ ವ್ಯಾಸದ

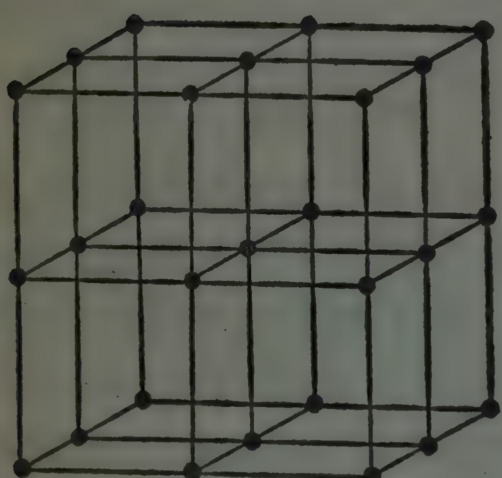
300ರಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಅಮುಕುವುದರಿಂದ ಸರಾಸರಿ ನೇರ ದೂರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಷಯವೇ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳೂ, ಅಣುಗಳೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಘನವಸ್ತುಗಳನ್ನು 'ಸಾಂದ್ರ ಸ್ಥಿತಿ'ಯಲ್ಲಿವೆ ಎನ್ನುವರು. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಅಣು ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಮುಗ್ಗರಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಾದರೆ ಅಣು ಪರಮಾಣುಗಳು ಗಾಳಿ ಬೀಸಿದಾಗ ಮರ ಅಲ್ಲಾಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲಾಡುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಗುಂಪಿನ ನಡುವೆ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ಜಾಗ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ; ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ವೇಗವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಗಿಂತ ದ್ರವಗಳ ಮತ್ತು ಘನವಸ್ತುಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಸರಳವಾಗಿರಲು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಈ ಅಣುಗಳೇ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ.

ಅನೇಕ ಘನವಸ್ತುಗಳು ಹರಳಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿವೆ. ಜನ ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಉಪ್ಪು ಮತ್ತು ಸಕ್ಕರೆ ಹರಳುಗಳೇ. ವಜ್ರ ಮತ್ತು ಪಚ್ಚೆಗಳೂ ಹರಳುಗಳೇ. ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಬಹಳ ಸರಳವಾದ ಉದಾಹರಣೆ ಉಪ್ಪು. ಇದರಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನ್ನಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಸಮ ಘನಾಕೃತಿಯಾಕಾರದ ಮೂಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2 (a), (b) ಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ರಚನೆ ಇರುವಾಗ ಅಣುಗಳ ವಿಷಯ ತಿಳಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವು ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಸಮಭಾಗಿ



(a)



(b)

ಚಿತ್ರ. 2

ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅಥವಾ ಅಡಿಗೆ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳಿನ ಚಿತ್ರ. ಚಿತ್ರವು ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (a) ನಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಬಿಳಿಗೋಳಗಳು ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಚಿಕ್ಕ ಕಪ್ಪು ಗೋಳಗಳು ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರ (b) ಹರಳು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿರುವ ಸರಳ ಘನಾಕೃತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಚುಕ್ಕೆಯು ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಕ್ಕರೆಯಾದರೆ, ಇಂಗಾಲ, ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯ ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆಯ ಅಣುಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ. ಈ ರಚನೆಯು ಹರಳನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿದರಾಗಲೀ ಪುಡಿಮಾಡಿದರಾಗಲೀ ಹಾಳಾಗದಿರುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಸುಂದರವಾದ ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಹರಳಿನಾಕಾರದಲ್ಲಿ ರಚಿತವಾಗಿದೆ. ಪಟಿಕದ ಹರಳುಗಳು ಉಪ್ಪಿನ ಕೊಳದಲ್ಲಿ ಖನಿಜ ಲವಣದಿಂದ

ಬಂದ ದೊಡ್ಡ ಸುಂದರವಾದ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾದ ಹರಳುಗಳು. ತಾಮ್ರದ ಸಲ್ಫೇಟಿನ ಹರಳುಗಳು ಬಹಳ ಸುಂದರವಾದವು.

ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ಶುದ್ಧ ಲೋಹಗಳು ಬಹಳ ಸರಳ ಘನವಸ್ತುಗಳು. ಏಕೆಂದರೆ ಅವು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವ ಮೂಲಧಾತುಗಳು. ತಾಮ್ರದಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳು, ಸತುವಿನಲ್ಲಿ ಸತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಇವೆ. ಆದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಅನೇಕ ಲೋಹಗಳು ಮಿಶ್ರ ಲೋಹಗಳು. ಅಂದರೆ ಶುದ್ಧಲೋಹಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಕರಗಿಸುವುದರಿಂದ ಆಗಿರುವ ಲೋಹಗಳು. ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಹಿತ್ತಾಳೆಯಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಸತು ಲೋಹಗಳಿವೆ. ನಾವು ದಿನ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಪೈಕಿ, ಶುದ್ಧ ಲೋಹಗಳು ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲ, ಇವಷ್ಟೇ ಮೂಲಧಾತುಗಳೆಂದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇ ಸರಿ.

ಎಲ್ಲ ಲೋಹಗಳಿಗೂ ಹರಳಿನಂತಹ ರಚನೆ ಇದೆ. ಅಂದರೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಹರಳುಗಳಂತಿರುವ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿರುವ ವಸ್ತು ರಾಶಿಯಿಂದ ಈ ಲೋಹಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಕಣಗಳ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರವು ಲೋಹವನ್ನು ನಾವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದಿರುವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಮೇಲೆ ತೆಳುವಾದ ಸತುವಿನ ಲೇಪನವಿರುವ ಗೆಲ್ವಾನಿತ (ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಮುಲಾಮು ಮಾಡಿರುವ) ಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಸತುವಿನ ಹರಳುಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಹರಳುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬೇಕಲ್ಲದೆ, ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವೂ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಣ್ಣೆಯೂ ಸೇರಿ, ನಮ್ಮನ್ನು ಚಕಿತಗೊಳಿಸುವಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಹರಳಾಕೃತಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇ! ಆದರೂ ನಾದಿದ ಹಿಟ್ಟಿನಂತಹ ಅನೇಕ ವಸ್ತುಗಳ ಆಕೃತಿ ಹಾಗೂ ರಚನೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಅಸಾಧ್ಯವೆನ್ನುವಷ್ಟು ತೊಡಕಿನದಾಗಿವೆ.

ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದಲೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನಿಯತ ರಚನೆ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ ದ್ರವಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ತೊಡಕಿನದೂ, ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟವೂ ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅನುಕೂಲವೆಂದರೆ, ದ್ರವಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತಾಪದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಲೋಹಗಳು ಹಾಗಲ್ಲ. ಮೆದು ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟು ಎಳೆದಾಗ ಅದು ಗಡುಸಾಗಿಯೂ ಒರಟಾಗಿಯೂ ಆಗುತ್ತದೆ. ವಾತಾವರಣದ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧ ತಾಮ್ರವು ಗಡುಸಾಗಿಯೂ ಮೆದುವಾಗಿಯೂ ಇರಬಲ್ಲದು. ತಾಮ್ರವನ್ನು ಎಳೆದಾಗ ಹರಳಿನ ಕಣಗಳ ರಚನೆ ಕೆಟ್ಟುಹೋಗುವುದು ಮತ್ತು ಪುನಃ ಕಾಯಿಸುವವರೆಗೂ ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ ಮೊದಲಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾರವು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, ತಟ್ಟುವುದರಿಂದ, ಎಳೆಯುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಬೆರಕೆಯಿಂದ ಲೋಹಗಳ ವರ್ತನೆ ಬದಲಾಗುವುದರಿಂದ ಇದರ ಅಧ್ಯಯನ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯ ಎನ್ನಬಹುದು. ಲೋಹವನ್ನು ಏನು ಮಾಡಿದೆವು ಎನ್ನುವ ಪೂರ್ವ ಚರಿತ್ರೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಆ ಲೋಹದ ವರ್ತನೆ ಅರ್ಥವಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ದ್ರವಗಳಾದರೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಈಗ ನಾವು ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ವಸ್ತುಗಳ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನಾದರೂ ತಿಳಿಯೋಣ. ಘನವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸೋಣ. ಈ ತಂತಿಯನ್ನು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಭದ್ರವಾಗಿ ಒಂದು ಆಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಿ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಗೆ ನಮಗನುಕೂಲ ತೂಕವನ್ನು ತಗಲು ಹಾಕಿದರೆ ತಂತಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾತ್ರ ಎಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಎಷ್ಟೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಎಳೆದಿದ್ದರೂ, ಅಷ್ಟನ್ನೇ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುವ ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ತಗಲು ಹಾಕಿದ ತೂಕ ಜಾಸ್ತಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ತೂಕವನ್ನು ತೆಗೆದ ತಕ್ಷಣವೇ ತಂತಿಯು ಪುನಃ ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೆ ವಾಪಸಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪುನಃ ಮೊದಲಿದ್ದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವಾಪಸಾಗುವ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗಿರುವ ಈ ಗುಣವನ್ನು

'ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವ' (elasticity) ಎನ್ನುವರು. ದಿನ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಇದೇ ಅರ್ಥವಿಲ್ಲದಿರುವ ಇತರ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಬಿಡುತ್ತೇವೆ. ತಗಲು ಹಾಕಿದ ತೂಕ ಬಹಳ ಜಾಸ್ತಿ ಆದಾಗ ತಂತಿ ಪುನಃ ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರಲಾಗದಷ್ಟು ಎಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ತಗಲು ಹಾಕಿದ ತೂಕವನ್ನು ತೆಗೆದಮೇಲೂ ಅದರ ಉದ್ದ ಮೊದಲಿನದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಜಾಸ್ತಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಶಾಶ್ವತ ವಿರೂಪ ಅಥವಾ ಶಾಶ್ವತ ಬಂಧನ ಎನ್ನುವರು. ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದೇ. ಆದರೆ ಇದರ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಮಾಡಿದರೆ ಕಷ್ಟವೇ ಆದೀತು.

ಶಾಶ್ವತ ವಿರೂಪವಾಗುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತೂಕವನ್ನೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವ ಉದ್ದವು, ಹಾಕಿದ ತೂಕಕ್ಕೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ತೂಕವನ್ನು ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಎಳೆತವೂ (ಅಥವಾ ಉದ್ದವೂ) ಎರಡರಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಅರ್ಥವಿರುವ ಎರಡು ಒತ್ತಡ (stress) ಮತ್ತು ಆಯಸ (strain) ಗಳನ್ನು ದಿನಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಅರ್ಥವಿರುವಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒತ್ತಡವೆಂದರೆ ಏಕಮಾನ ಸಲೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ. ಅಡ್ಡವಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿದ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸಲೆ $\frac{1}{100}$ ಚದುರಂಗುಲವಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ 150 ಪೌಂ. ತೂಕವನ್ನು ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ ನಾವು ಉತ್ಪತ್ತಿಸಿರುವ ಎಳೆತ (ಕರ್ಷಣೆ) ಅಥವಾ ಒತ್ತಡ ಒಂದು ಚದುರಂಗುಲಕ್ಕೆ 15,000 ಪೌಂ. ತೂಕ. ಬೇರೆ ರೂಪದ ಒತ್ತಡಗಳೂ ಇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಕಂಬಿಯನ್ನು ತಿರುಚಿದಾಗಲೂ, ಇಸ್ಪೀಟು ಎಲೆಗಳನ್ನು ಸರಿಸಿದಾಗಲೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಒತ್ತಡವನ್ನೇ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುತ್ತೇವೆ. ಇದನ್ನು 'ವಿರೂಪಕ ಒತ್ತಡ' (shear stress) ಎನ್ನುವರು. ಇದನ್ನೂ ಏಕಮಾನ ಸಲೆಯ ಮೇಲೆ ಎಷ್ಟು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಯಿತೆಂದೇ ಅಳೆಯುವರು.

ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪವನ್ನು ಅಥವಾ ರೂಪಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಅಳೆಯುವುದೇ 'ಆಯಸ' (strain). ತೂಕವನ್ನು ತಗಲುಹಾಕಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಆಯಸವನ್ನು ಏಕಮಾನ ಉದ್ದದಲ್ಲಾಗುವ ಎಳೆತದಿಂದ ($\frac{1}{1000}$ ರಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ)

ಅಂದರೆ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉದ್ದವನ್ನು ತಂತಿಯ ಮೊದಲಿನ ಉದ್ದದಿಂದ ಭಾಗಿಸುವುದರಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಈಗ ಆಯಸವು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದಹಾಗಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಸಮಕಾಲೀನ ರಾಬರ್ಟ್ ಹುಕ್ ಎಂಬ ಖ್ಯಾತವಿಜ್ಞಾನಿ ತಿಳಿಸಿದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಹುಕ್‌ನ ನಿಯಮ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಈ ನಿಯಮವು ಘನವಸ್ತುಗಳ ಎಲ್ಲ ಬಗೆಯ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ವಿರೂಪಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಸುರಳಿಗಳಿಗೂ, ನೇರವಾದದ್ದಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದಾಗಲೀ, ಇದೇ ನಿಯಮವೇ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ವಿರೂಪಬಲ ಅಥವಾ ಒತ್ತಡ ಎರಡರಷ್ಟಾದರೆ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಬದಲಾವಣೆ ಅಥವಾ ಆಯಸವೂ ಎರಡರಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ.

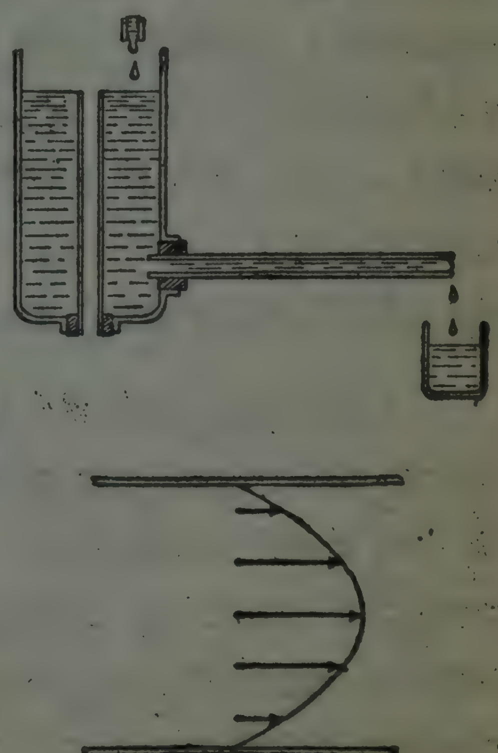
ಈ ಹುಕ್‌ನ ನಿಯಮವು ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಹತ್ವವಿರುವ, ಘನವಸ್ತುಗಳ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತಗುಣವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನಿರ್ಮಿತ ಕಟ್ಟಡಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ವಿಧೇಯವಾಗಿವೆ. ಗಾಳಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಮೊದಲಿಗಿಂತ ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಆಯಸವನ್ನೂ ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಕಟ್ಟಡವನ್ನು ಅದು ಮೊದಲು ಎಷ್ಟೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೂ ಅದರ ಎರಡರಷ್ಟು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸರಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದಲೇ ಬಹಳ ಎತ್ತರದ ಉಕ್ಕಿನ ರಚನೆ ಮೇಲೆ ಜೋರಾಗಿ ಗಾಳಿ ಬೀಸಿದರೆ ಅದು ಸುಮಾರಾಗಿಯೇ ಬಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಗಾಳಿಯ ವೇಗ ಕಡಿಮೆಯಾದ ತಕ್ಷಣವೇ ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ರಚನೆಯು ವಾಪಸಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಯಸವನ್ನು ವಿರೂಪಕ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ವಿರೂಪಕ್ಕಿರುವ ನಿರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು 'ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕದ' ಅಳತೆ ಅಥವಾ 'ಗುಣಕ' ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಆಕಾರದ ಕಂಬಿಯನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವಾದಷ್ಟೂ ಆ ಕಂಬಿ ಮಾಡಿರುವ ಲೋಹದ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣಕ ಜಾಸ್ತಿ ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ದಿನ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪದಕ್ಕಿರುವ ಅರ್ಥಕ್ಕೂ, ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಈ ಪದಕ್ಕಿರುವ ಅರ್ಥಕ್ಕೂ

ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ನಾವು ಗಾಜನ್ನು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣವಿರುವ ವಸ್ತುವೆಂದು ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿಜ್ಞಾನ ರೀತ್ಯಾ ಗಾಜು ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಹಾಳೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕೊನೆಗೆ ಬಂಧಿಸಿ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ತಳ್ಳಿದರೆ ಗಾಜು ಬಾಗುತ್ತದೆ. (ಅದು ಒಡದೇ ಹೋಗುವಷ್ಟು ಜೋರಾಗಿ ತಳ್ಳದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ). ಆದರೆ ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ಬೇಕಾಗಿದ್ದ ಬಲವನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆಳೆದ ತಕ್ಷಣವೇ ಗಾಜು ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಾಪಸಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವವು ಘನವಸ್ತುಗಳ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯಗುಣ.

ಈಗ ದ್ರವಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ತಂತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದೆ ಹೋದರೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ದ್ರವವನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ದ್ರವದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ದ್ರವವನ್ನು ತಳ್ಳುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ 3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕೊಳವೆಯ ಗೋಡೆಯನ್ನು ತಗಲಿರುವ ದ್ರವವು ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ದ್ರವದ ಇತರ

ಒಂದು ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ದ್ರವದ ಪ್ರವಹನ, (ಅ) ದ್ರವದಿಂದಲೆ ಉಂಟಾದ ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿನ ದ್ರವವು ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ರೀತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. (ಆ) ಪ್ರತಿ ಬಾಣದ ಉದ್ದವೂ ದ್ರವದ ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ವೇಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ: ಕೊಳವೆಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ವೇಗವು ಅಧಿಕತಮವಾಗಿದ್ದು ಗೋಡೆಗಳ ಬಳಿ ವೇಗವೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ದ್ರವವು ಹರಿಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ.



ಚಿತ್ರ. 3

ಭಾಗವು ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ಪದರಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು. ಕೊಳವೆಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಪದರದ ವೇಗ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದು, ಕೇಂದ್ರ ಅಥವಾ ಅಕ್ಷದಿಂದ ದೂರವಾದ ಹಾಗೂ ಪದರದ ವೇಗವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ದ್ರವದ ಒಂದು ಪದರ ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಸರಿಯುವಂತೆ ಅಥವಾ ಜಾರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ವಿರೂಪಕ ಒತ್ತಡ ವೆನ್ನುವರೆಂದು ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ದ್ರವಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ ಮುಂದುಮುಂದಕ್ಕೆ ಹರಿದುಹೋಗುತ್ತಿರುವ ದ್ರವಗಳ ಮೇಲೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ ಹರಿಯುವುದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಘನವಸ್ತುಗಳ ಹಾಗೆ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಯೋಗ ನಿಂತಾಗ ಪುನಃ ಅದೇ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅಥವಾ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ವಾಪಸು ಬರುವುದಿಲ್ಲ.

ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಾದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಉಂಟಾಗುವ ವಿರೂಪವು ವಸ್ತುವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ವಸ್ತುವು ಹಿತ್ತಾಳೆಯೊ, ಗಾಜೊ ಅಥವಾ ಉಕ್ಕೊ ಅನ್ನುವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ, ಹರಿಯುವ ದರವು ಅಥವಾ ಆಯಸದ ದರವು ದ್ರವವನ್ನೂ, ದ್ರವದ ತಾಪವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ನೀರಿಗಿಂತ ಕಾಕಂಬಿಯನ್ನು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ತೂರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಹಾಗೆಯೇ ಕ್ಲೋರೊ-ಫಾರಂಗಿಂತ ನೀರನ್ನು ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಈ ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ, ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಘನೀಭವಿಸುವ ಬಿಂದುವಿನ ಹತ್ತಿರದ ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವಷ್ಟೆ ಒತ್ತಡವು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನ ತಾಪದ ಬಳಿ ಇರುವ ಅದೇ ನೀರನ್ನು ಮೇಲಿನದರ ಐದರಷ್ಟು ದೂರ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಹರಿಯುವುದಕ್ಕಿರುವ ನಿರೋಧ (resistance) ಅಥವಾ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ದ್ರವ ಪದರಗಳಿಗಿರುವ ಘರ್ಷಣೆ(friction)ಯನ್ನು 'ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ'

(viscosity) ಎನ್ನುವರು. ನೀರಿನ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಗಿಂತ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಕ್ಕರೆಯ ದ್ರಾವಣದ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ದ್ರವದ ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟು ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವಗಳ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯನ್ನು ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತೆಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು: ಹೇಗೆಂದರೆ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತೆಯು ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿಗಿರುವ ಅಲ್ಪ ಸ್ಥಳ ಬದಲಾವಣೆಗಿರುವ ನಿರೋಧವನ್ನು ಅಳೆದರೆ, ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯು ದ್ರವದ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿರುವ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯ ಅಥವಾ ಘರ್ಷಣೆಯ ನಿರೋಧವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ ವಿಷಯ ಯೋಚಿಸಹೊರಟರೆ ಅದರ ವರ್ತನೆಯೇ ಬೇರೆ ರೀತಿಯವಾಗಿದೆ. ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಅವು ಅಮುಕಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಪೂರ್ತಿ ಸರಿಯಲ್ಲವಾದರೂ ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಾಣಬರಬೇಕಾದರೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣವೇ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿ ಕೊಯ್ದಾಗ ಒಂದು ಚದರಂಗುಲ ಸಲೆಯಿರುವ ಒಂದು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ತುಂಬಿ, ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಶೇಕಡ ಒಂದರಷ್ಟು ಅದರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ಟನ್ ತೂಕವನ್ನು ಕೊರಿತದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲಗಳನ್ನಾದರೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅದುಮಿಬಿಡಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಂಕೋಚಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ರಬ್ಬರ್ ಚಕ್ರಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಕಾಲ್ಚೆಂಡಿಗೆ ಗಾಳಿ ತುಂಬಿದ ಯಾರಿಗಾದರೂ, ಅದೇ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಗಾಳಿಯನ್ನು ತುಂಬಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಮನವರಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

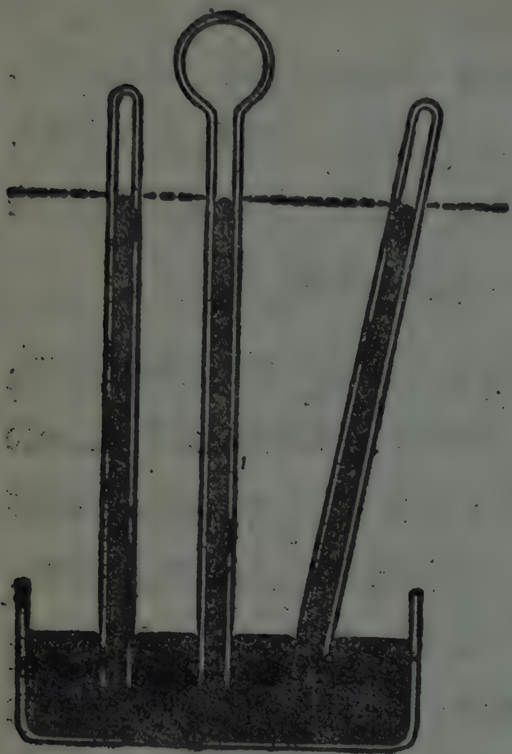
ಹೀಗೆ ಆಗಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಪರಮಾಣು ವಾದಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು. ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಣುಗಳು ಮೊದಲೇ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ಅದುಮಿದಾಗ ಹತ್ತಿರ ಸೇರಲು ಪ್ರತಿಭಟಿಸುತ್ತವೆ. ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಾದರೆ ಇವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಎಷ್ಟು ದೂರಗಳಲ್ಲಿ

ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ ಎಂದರೆ, ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯದಿದ್ದಾಗ, ಒಂದಕ್ಕೊಂದಕ್ಕೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ನಿರ್ಬಂಧವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅನಿಲವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಮೇಲಿರುವ ಒತ್ತಡವೆಲ್ಲ ಸಣ್ಣ ಅಣುಗಳ ನಿರಂತರ ಹೊಡೆತದಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ. ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡದೆ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸಲೆಯ ಮೇರೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಈ ಅಣುಗಳ ಹೊಡೆತ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು ; ಅಂದರೆ ಒತ್ತಡ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಅದರ ಅಳತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಮಾತು ಒಳ್ಳೆಯದು. ಒಂದು ಕಡೆ ಮುಚ್ಚಿರುವ 3 ಅಡಿ ಉದ್ದದ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯ ತುಂಬ ಪಾದರಸವನ್ನು ತುಂಬಿ ಅದರ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಪಾದರಸವೇ ಇರುವ ಒಂದು ಬಟ್ಟಲಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿಸಿ ನಂತರ ಮುಚ್ಚಿದ್ದ ಕೈ ಬೆರಳನ್ನು ತೆಗೆದರೆ, ಪಾದರಸವು ಬಟ್ಟಲಿಗೆ ಹರಿದು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ 30 ಅಂಗುಲ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯೊಡನೆ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೆ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯ ಉದ್ದ ಎಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ ಪಾದರಸದ ಉದ್ದ ಅಷ್ಟೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯ ಉದ್ದ 30 ಅಂಗುಲಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕೊಳವೆಯ ಪೂರ್ತಿ ಪಾದರಸ ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕೊಳವೆಗೆ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬುರುಡೆ ಇದ್ದಾಗಲೂ, ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಓಲಿಸಿದಾಗಲೂ ಚಿತ್ರ 4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭದ ಎತ್ತರ ಬದಲಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ 1643 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವನು ಇಟಲಿ ದೇಶದ ಟಾರಿಸೆಲ್ಲಿ.

ಇದರಿಂದ ವಾಯುಮಂಡಲ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಾಧಿಸಿದ ಹಾಗಾಯಿತು. ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಖಾಲಿಯ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೇಗೆಂದರೆ ಮೊದಲು ಭರ್ತಿ ಪಾದರಸ ಇತ್ತು ; ಅನಂತರ ಏನೂ ಒಳಗೆ ಹೋಗಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಪರಿಪೂರ್ಣ ಖಾಲಿ ಜಾಗವನ್ನು 'ಶೂನ್ಯ' (vaccum) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇಷ್ಟು ಎತ್ತರ ಪಾದರಸ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಲು ಸಾಧ್ಯಮಾಡುವುದು ಬಟ್ಟಲಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ವಾಯುಮಂಡಲ ಅದುಮುತ್ತಿರುವ ಒತ್ತಡ. ಈ ಪೂರ್ತಿ

ಉಪಕರಣದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಬೋರಲಿಟ್ಟು ಗಾಳಿಯೆಲ್ಲ ವನ್ನೂ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟರೆ, ಪಾದರಸವು ಕೆಳಗಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯ ವ್ಯಾಸ ಎಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ ಪಾದರಸದ ಸ್ತಂಭ ಒತ್ತಡದ ಅಳತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.

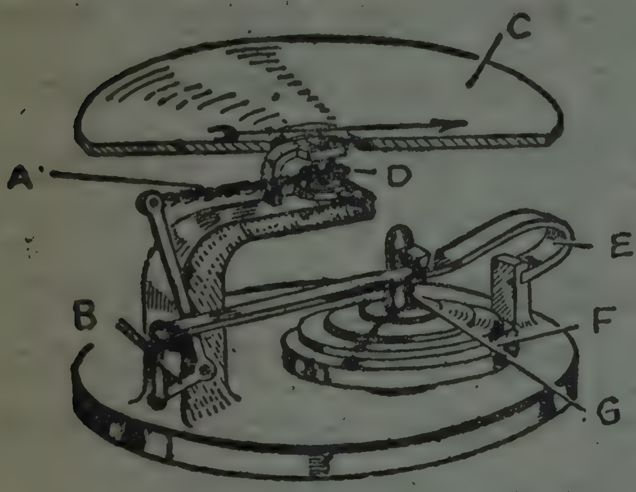


ಚಿತ್ರ 4.

ಪಾದರಸವನ್ನೇ ಏಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆಂದರೆ ಪಾದರಸ ಭಾರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪಾದರಸದ ಸ್ತಂಭದ ಎತ್ತರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹಳ ಉದ್ದದ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ನೀರಿಗಿಂತ 13·5ರಷ್ಟು ಭಾರವಾಗಿದೆ ; ಅಂದರೆ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡವು ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭದ 13·5 ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭವನ್ನು ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 34 ಅಡಿ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ನೀರನ್ನು ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿಯಬಲ್ಲದು. ಆದರೆ ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭದ ಮೇಲೆ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಒತ್ತಡವಿರುವುದರಿಂದ, ನೀರಿನ ಸ್ತಂಭದ ಎತ್ತರ ಸ್ವಲ್ಪ ಕುಗ್ಗುವುದು. ಪಾದರಸವಾದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸಿಗದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಆವಿಯಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ತೊಂದರೆಯೇ ಉದ್ಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ರೀತಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶವಿರುವ ಪಾದರಸದ ಕೊಳವೆಯಿಂದ ವಾಯುಸಂಮರ್ದ (atmospheric pressure) ವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ವಾಯುಸಂಮರ್ದ ಮಾಪಕ ಅಥವಾ ಭಾರಮಾಪಕ ಎನ್ನುವರು. ಈ ಒತ್ತಡವು ಹೊತ್ತಿನಿಂದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಹವಾಮಾನ ಮುನ್ಸೂಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ನಿಖರ ವಾಯುಸಂಮರ್ದ ಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಎತ್ತರವನ್ನು ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ವಾಯುಸಂಮರ್ದ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಗಾಳಿ

ಯನ್ನು ತೆಗೆದಿರುವ ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಲೋಹದ ಪಾತ್ರೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಶೂನ್ಯ ಡಬ್ಬಿ ಎನ್ನುವರು. ಇದರ ಆಕಾರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.




A ಚೈನು ಸೂಚಿಯನ್ನು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ
B ಜೋಡಣೆಯ ಉಪಕರಣ
C ಸೂಚೀ ಫಲಕ
D ಸ್ಪ್ರಿಂಗು ಚೈನನ್ನು ಬಿಗಿಯಾಗಿಡುತ್ತದೆ
E ಮೆಯಿನ್ ಸ್ಪ್ರಿಂಗು
F ಶೂನ್ಯ ಡಬ್ಬಿ
G ಸಂಯೋಜಕ ಕಂಬಿ

ಚಿತ್ರ. 5 ಅನಿರಾಯಿಡ್ ಭಾರಮಾಪಕ

ಈ ಡಬ್ಬಿಯ ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಗಿರುವ ದೂರವು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿನ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೂ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಅನಿರಾಯಿಡ್ ವಾಯುಸಂಮರ್ದ ಮಾಪಕ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿರಾಯಿಡ್ ಎಂದರೆ 'ದ್ರವವಿಲ್ಲದ' ಎಂದರ್ಥವಂತೆ!

ಈಗ ನಾವು ಒಂದು ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಯಮವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ನಿಯಮವು ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡದ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಗಾತ್ರವು ಅರ್ಧದಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮೊದಲಿನದರ ಮೂರರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಗಾತ್ರವು ಮೊದಲಿನದರ ಮೂರನೆ ಒಂದರಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ ಗಾತ್ರ ಎರಡರಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಈ ಸುಲಭ ನಿಯಮವನ್ನು ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯ್ಲ್ ನಿರೂಪಿಸಿದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಬಾಯ್ಲನ ನಿಯಮ ಎನ್ನುವರು. ಇವನೂ ಸಹ ಹುಕ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನರ ಸಮಕಾಲೀನ. ಈ ನಿಯಮವು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೂ, ಒತ್ತಡವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ, ನಿಯಮೊಲ್ಲಂಘನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಷ್ಟರೊಳಗೆ

ಅಣುಗಳು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಬಂದುಬಿಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಇನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಅವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

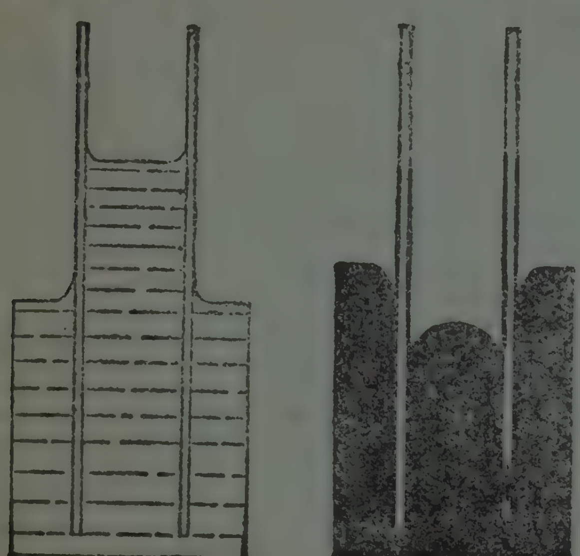
ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ದ್ರವಗಳಿಗಿರುವಂತೆಯೇ ಒಂದು ತರಹ ಒಳ ಘರ್ಷಣೆ ಅಥವಾ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಅನಿಲವನ್ನು ನೂಕಬೇಕಾದರೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲೇ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ಅನಿಲ ಬಿಸಿಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಹರಿಯುವ ವೇಗವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಒತ್ತಡವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದಾಯಿತು. ದ್ರವಗಳಲ್ಲಾದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧ. ಅನಿಲಗಳು ಹೀಗೆ ವರ್ತಿಸಲು ಕಾರಣವನ್ನು ಪರಮಾಣು ವಾದದಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು.

ಅನಿಲಗಳಿಗಾಗಲಿ, ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಮೇಲ್ಮೈಗುಣ ದ್ರವಗಳಿಗಿದೆ. ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತೆ ಇರುವ ಚರ್ಮದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಎಚ್ಚರ ವಹಿಸಿದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಸೂಜಿಗಳನ್ನು ತೇಲಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಚರ್ಮದ ನಿರೋಧದ ಅರಿವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಣವನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಾಬೂನಿನ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಈ ದ್ರಾವಣದ ಗುಳ್ಳೆಗಳನ್ನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಊದುವುದು ಪ್ರಪಂಚದ ಅನೇಕ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳ ಆಟವಾಗಿದೆ. ಈ ಗುಳ್ಳೆಯು ಇಂಡಿಯಾ ರಬ್ಬರಿನ ಬೆಲೂನಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ತೊಟ್ಟುಗಳು ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿ ಬೀಳುವುದೂ ಈ 'ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತ' (surface tension) ದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಲೇ. ಪರಸ್ಪರ ಅಣುಗಳಿಗಿರುವ ಆಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಅವು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆಳೆದು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಮೇಲ್ಮೈ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತದ ಇನ್ನೊಂದು ಸರಳ ಉದಾಹರಣೆ ಎಂದರೆ ಒಂದು ಮುಲಾಮು ಬಳಿಯುವ ಬ್ರಷ್‌ನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿದಾಗ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕೂದಲುಗಳು ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹೊರತೆಗೆದ ತಕ್ಷಣ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅವಿರುವ ರೂಪದಲ್ಲೇ ಇರುವಂತೆ ಸಾಧ್ಯ ಮಾಡಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಅಣುಗಳ ಆಕರ್ಷಣೆಯೇ ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತಕ್ಕೂ

ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ದ್ರವದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಅದರ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದಲೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾದ ಬಲದಿಂದ ಎಳೆಯುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಿನ ಅಣುವಿಗೆ ದ್ರವದ ಒಳಭಾಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಎಳೆತವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ದ್ರವದೊಳಗಿಂದ ಎಳೆತ ಜೋರಾಗಿದ್ದು ಮೇಲ್ಭಾಗದಿಂದ ಎಳೆತ ವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚರ್ಮದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಆಕರ್ಷಣೆ ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೂ, ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಅದರಿಂದ ಯಾವ ಕಾಣಬರುವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತದ ಇನ್ನೊಂದು ಪರಿಣಾಮ ಸಣ್ಣ ವ್ಯಾಸದ ಕೊಳವೆ ಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಏರಿಕೆ. $\frac{1}{100}$ ಅಂಗುಲ ಒಳವ್ಯಾಸವಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ತುದಿ ಒದ್ದೆಯಾಗುವಂತೆ ಎಚ್ಚರ ವಹಿಸಿ ನೀರಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿದಾಗ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿನ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 2 ಅಂಗುಲ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯ ವ್ಯಾಸ ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ, ಕೊಳವೆ ಯೊಳಗೆ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಚಿತ್ರ 6 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತಹ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈ. ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಮದಂತಹ ವರ್ತನೆ ಮೇಲ್ಮುಖ ಎಳೆತದಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ವರ್ತನೆ ಗಾಜನ್ನು ಒದ್ದೆ ಮಾಡುವ ಎಲ್ಲ ದ್ರವಗಳಲ್ಲೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಗಾಜನ್ನು ಒದ್ದೆ ಮಾಡದಿರುವ ಪಾದರಸದಲ್ಲಿ ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈ ನೀರಿನದರ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚರ್ಮದಂತಹ ಮೇಲ್ಮೈ ಅದನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪಾದರಸವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ವ್ಯಾಸದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ



ನೀರು ಪಾದರಸ

ಚಿತ್ರ. 6 ಒಂದು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮತ್ತು ಪಾದರಸದ ಮೇಲ್ಮೈನ ರೂಪ

ಅದರ ಮಾಮೂಲು ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಏರಲಾರದು. ಅಂದರೆ ಮೊದಲಿನ ಹೇಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಟು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಯು ಸಂಮರ್ದ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಕೊಳವೆಯ ವ್ಯಾಸ ಎಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ವ್ಯಾಸ ವಿರುವ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿನ ಮಟ್ಟ, ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತದಿಂದಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೂ ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತದ ಪ್ರಭಾವ ಹಿರಿದಾಗಿದೆ. ಮಳೆ ಹನಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬೀಳಲೂ, ಮರಗಿಡಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಮೇಲೇರಲೂ, ಬತ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಣ್ಣೆ ಏರಲೂ ಮತ್ತು ಮೇಣದ ಬತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕರಗಿರುವ ಮೇಣದ ಏರಿಕೆಗೂ ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತವೇ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

# 3

## ಉಷ್ಣ

ಉಷ್ಣದ ಎಲ್ಲ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತಾಪವು ಮೂಲ ಭೂತ ಭಾವನೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ತಂಪು ಅಥವಾ ಬಿಸಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುವುದೇ ತಾಪ (temperature). ಇದಕ್ಕೂ ಸಹ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಅಥವಾ ಉದ್ದದಂತೆಯೇ ಒಂದು ನಿಖರವಾದ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟವೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಭೌತಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಇದರಿಂದಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಮೂಲಕವೇ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಅನೇಕ ಭಾವನೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದೂ ಒಂದು. ಯಾರಿಗಾದರೂ ತಾಪ ಎಂದರೇನೆಂದು ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಅದು ಏನೆಂದು ಅವರಿಗೆ ಅರ್ಥವಾಗುವವರೆಗೂ ಮಾತನಾಡಬಹುದೇ ಹೊರತು ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಅದೃಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾಪದ ನಿಖರ ಚಿತ್ರವಿಲ್ಲದವರು ಅತಿ ವಿರಳ.

ತಾಪವನ್ನು ತಾಪಮಾಪಕದಿಂದ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯ ತಾಪಮಾಪಕವು (thermometer) ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ವ್ಯಾಕೋಚಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (expand) ಎನ್ನುವ ತತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಹೊರತಾದ ಒಂದೋ ಎರಡೋ ವಸ್ತುಗಳಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ 'ಇನ್‌ವಾರ್' (invar) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಉಕ್ಕು. ತಾಪದ ಬದಲಾವಣೆಯೊಂದಿಗೆ ಅದರ ಅಳತೆಗಳು

ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಲೋಲಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಬಹಳ ಸರಿಯಾದ ವಸ್ತುವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಲೋಲಕದ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಯಾದರೆ ಅದರ ಆವರ್ತಕಾಲ ಬದಲಾಗಿಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ವಾರನ್ನು ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ವಾಯುಮಂಡಲ ದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ತಾಪದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಆಗುವ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಇನವಾರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಮೇಲಿನ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಹೊರತಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಅನೇಕ ಅತಿ ವಿಚಿತ್ರ ಗುಣಗಳಿರುವ ದ್ರವ ನೀರು. ನೀರನ್ನು ತಂಪುಗೊಳಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದು ಸಂಕುಚಿ ಸುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಎಲ್ಲ ದ್ರವಗಳ ಸಹಜ ವರ್ತನೆ. ನೀರಿನ ಈ ಸಹಜ ವರ್ತನೆ ಘನೀಭವಿಸಿದ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ 4°C ತಾಪವಾಗುವವರೆಗೂ ಮಾತ್ರವೆ. ಅನಂತರ ತಂಪಾದ ಹಾಗೆಲ್ಲ ವ್ಯಾಕೋಚವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸು ತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಈ ವರ್ತನೆ ಅನೇಕ ವಿಧಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಅನುಕೂಲವೇ ಆಗಿದೆ. ಒಂದು ಕೊಳದ ನೀರು ಘನೀಭವಿಸಿದಾಗ ಏನಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗ ತಂಪಾದಾಗ ಸಂಕುಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಗಾತ್ರ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಭಾರ ಜಾಸ್ತಿಯಾಗಿ ಮುಳುಗುತ್ತದೆ. ಕೊಳ ಪೂರ್ತಿ 4°Cಗೆ ಬರುವವರೆಗೂ ಇದು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ತಂಪಾದ ಲಕ್ಷಣವೇ ವ್ಯಾಕೋಚವಾಗುವುದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ತಂಪಾದ ನೀರು ಮೇಲೆ ನಿಂತು ಘನೀಭವಿಸಿ ಕೊಳವನ್ನು ಮಂಜು ಗಡ್ಡೆಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಿಬಿಡುತ್ತದೆ. ನೀರು ಹೀಗೆ ವ್ಯಾಕೋಚಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಹಾಗೆಯೇ ಸಂಕುಚಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗಿದ್ದರೆ, ಕೊಳವು ಕಡೆಗೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯೇ ಆಗಿಬಿಡುತ್ತಿತ್ತು. ಉಷ್ಣ ದೇಶದಲ್ಲಿರುವವರಿಗೆ ಇದರ ಅನಾನುಕೂಲತೆ ಗೊತ್ತಾಗದಿದ್ದರೂ ಚಳಿ ದೇಶದವರಿಗೆ ಇದೊಂದು ನಿವಾರಿಸಲು ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿಬಿಡುತ್ತಿತ್ತು. ಅದರಲ್ಲೂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಕೆಳಗೆ ವಾಸಿಸುವ ಮೀನುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿಯುವ ಮೀನುಗಾರರ ಸ್ಥಿತಿಯಂತೂ ಹೇಳಲಸದಳವಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯ ತಾಪಮಾಪಕ ಪಾದರಸದ ತಾಪಮಾಪಕ. ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತೂತಿರುವ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಗೆ ಸೇರಿದಂತೆ ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಬುರುಡೆಯ ಒಳಭಾಗ ಮತ್ತು ಕೊಳವೆಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನೂ ಪಾದರಸದಿಂದ ತುಂಬಿರುತ್ತಾರೆ. ತಾಪಮಾಪಕ ಬೆಚ್ಚಗಾದಾಗ ಪಾದರಸವು ವ್ಯಾಕೋಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯಾಕೋಚನದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲೆ ಕೆತ್ತಿರುವ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ ಗಾಜು ವ್ಯಾಕೋಚಗೊಂಡರೂ ಪಾದರಸದ ವ್ಯಾಕೋಚಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅದು ಅತ್ಯಲ್ಪವಿರುವುದರಿಂದ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟದ ಏರಿಕೆಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ತಾಪ ಒಂದೇ ಇದ್ದಾಗ, ಎಲ್ಲ ತಾಪಮಾಪಕಗಳು ಒಂದೇ ತಾಪವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ತಾಪಮಾನ ಅಗತ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರು ಘನೀಭವಿಸುವ ತಾಪ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತಾಪ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು ತಾಪಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾಯು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ತಾಪವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತಾಪವೇ. ಅಂದರೆ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿಯಾದರೆ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ವಾಯು ಮಂಡಲದ ಹೆಚ್ಚಾದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ತಳ್ಳಲು ನೀರನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ತಾಪಕ್ಕೆ ಏರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಒತ್ತಡವು ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪರ್ವತಗಳ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡವು ಕಡಿಮೆ; ಹೇಗೆಂದರೆ ಒತ್ತುತ್ತಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಗಾತ್ರ ಕಡಿಮೆ. ಅದರಿಂದ ನೀರು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕುದಿಯುವ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತಾಪದಲ್ಲೇ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದಲೇ ಬೆಟ್ಟಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾಡಿದ ಟೀ ಅಷ್ಟು ರುಚಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈಗ ನಾವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನ್ನೂ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ತಾಪವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ತಾಪವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ವಿವಿಧ ಮಾನಗಳಿವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೂ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಈ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ತಾಪವನ್ನು 0° ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಎಂತಲೂ (0°C), ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ತಾಪವನ್ನು 100° (100°C) ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

0° ಸೆಂ. ಗೂ 100° ಸೆಂ. ಗೂ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಸ್ಥಳವನ್ನು 100 ಭಾಗ ಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಅಳತೆಯ ಮಾನವನ್ನು ಸ್ವೀಡನ್ ದೇಶದ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್ (Celsius) ಮೊದಲು ಜಾರಿಗೆ ತಂದುದ ರಿಂದ ಅಕ್ಷರ C ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್ಸನ್ನೂ, ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್ ಅಳತೆಯ ಮಾನವೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹಳೆಯ ದಾದ ಫಾರನ್ ಹೀಟ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ, ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲು ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವ ಯಾವುದೋ ವಿಲಕ್ಷಣ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ, ನೀರು ಘನೀಭವಿಸುವ ತಾಪವನ್ನು 32° ಫಾರನ್ ಹೀಟ್ (32°F) ಎಂತಲೂ, ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನ್ನು 212° ಫಾರನ್ ಹೀಟ್ (212°F) ಎಂತಲೂ ಕರೆಯುವರು. ಆದುದರಿಂದ 180 ಡಿಗ್ರಿ ಫಾರನ್ ಹೀಟ್ ಮಾನಗಳು 100 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನಗಳಿಗೆ ಸಮವೆಂದಾಯಿತು. ಅಂದರೆ 0°F, ನೀರು ಘನೀಭವಿಸುವ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ —17·8°C ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆಂತಾಯಿತು.

ವಸ್ತುಗಳ ವ್ಯಾಕೋಚವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ತಾಪ ಮಾಪಕಗಳಿವೆ. ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಕೋಚ ಹೊಂದುವ ಎರಡು ಬೇರೆ ಲೋಹಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲೊಂದು ಬೆಸೆದು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉದ್ದವಾಗುವುದರಿಂದ ಪಟ್ಟಿ ಬಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ದ್ವಿಲೋಹ ತಾಪಮಾಪಕವನ್ನು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಉಪಯೋಗಿಸು ತ್ತಾರೆ. ಆದರೂ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮುಖ್ಯವಾದುವು ಮತ್ತು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರು ವುವು ಅನಿಲ ತಾಪಮಾಪಕಗಳು.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಒತ್ತಡವೊಂದರ ಮೇಲೆ ಅಲ್ಲದೆ ತಾಪದ ಮೇಲೂ ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದು ನಮಗೀಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯ. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಸಮವಾಗಿಯೇ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡದೆ ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲವು ವ್ಯಾಕೋಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆ ಬೇಕಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡೂ ತತ್ವಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿರುವ ತಾಪಮಾಪಕಗಳಿವೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ-ಒತ್ತಡ ಅನಿಲ ತಾಪಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ತಾಪವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ-ಗಾತ್ರ ಅನಿಲ ತಾಪಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ತಾಪದ ಅಳತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಅನಿಲ ತಾಪಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳಿಗೆ ಇವೇ ಆದರ್ಶ ತಾಪಮಾಪಕಗಳು. ಈಗಾಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಸ್ವಭಾವವು ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸರಳವಾಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ಅವುಗಳ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದೂ ಸುಲಭವಾಗಿದೆ. ತಾಪಮಾಪಕಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಂತೂ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತತ್ವವು ಪರಾಮರ್ಶೆಗೆ ಯೋಗ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರ್ಶ ಪಾದರಸದ ಮತ್ತು ಇತರ ತಾಪಮಾಪಕಗಳನ್ನೂ ಇದರಿಂದಲೇ ತನಿಖೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.

ತಾಪಯುಗ್ಮ (thermo-couple) ವೆಂದು ಕರೆಯುವ ಇತರ ತಾಪಮಾಪಕಗಳಿವೆ. ಎರಡು ಬೇರೆ ಲೋಹಗಳ ಸಂಧಿ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅಳತೆಗೆ ನಿಲುಕುವಷ್ಟು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪರಿಣಾಮ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದೆನ್ನುವ ತತ್ವವನ್ನು ಇದರಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಳತೆಗಳಿಗೆ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ನಿರೋಧ ತಾಪಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ತಾಪಮಾಪಕಗಳು, ಲೋಹಗಳ ಅದರಲ್ಲೂ ಪ್ಲಾಟಿನಂನ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧವು ತಾಪದೊಡನೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ತತ್ವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಈ ಸಾಮಾನ್ಯ ಲೋಹಗಳು ಕರಗಿ ಹೋಗುವ ತಾಪಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ತಾಪವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಈ ತಾಪವಸ್ತುಗಳು ಕಳುಹಿಸುವ ವಿಕಿರಣದಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಈ ತಾಪದ ಅಳತೆಯೋ, ವಿಶೇಷ ಪರಿಣತಿ ಇರುವ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಕಾಲವನ್ನೂ, ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ, ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೂ ವಿನಿಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಶಾಖೆಯಾಗಿದೆ ಎಂದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯ ಪಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

• ನಾವು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದರೂ, ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ತಾಪವನ್ನು ಊಹಿಸಲೂ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇದೆ. ತಾಪಮಾಪನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕೆಳತಾಪವಿದೆ. ಇದನ್ನು ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯ ಎನ್ನುವರು. ಇದು ನೀರಿನ ಘನೀಭವಿಸುವ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ 273°ಸೆ. ಕಡಿಮೆ ತಾಪ ಅಥವಾ ಇದನ್ನು —273°ಸೆ. ಎನ್ನುವರು. ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದ ತಾಪವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಮರ್ಥರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಅಧಿಕ ತಾಪಕ್ಕೆ ಮೇರೆ ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಕನಿಷ್ಟ ತಾಪಕ್ಕೆ ಏಕೆ ಮಿತಿ ಇರಬೇಕು? ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಿಲ್ಲದಿಲ್ಲ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣು ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರಂತರ ಉದ್ರೇಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಚಟುವಟಿಕೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗಿ ಕೊನೆಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಸಹ ಛಿದ್ರಛಿದ್ರವಾಗಿ, ಅಸಾಧಾರಣ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿ ಚದುರುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಉಷ್ಣ ಚಲನದ ಒಂದು ವಿಧವೆಂದು ಹೇಳಿ ಮುಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತಾಪ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿರಲು ಸಾಧ್ಯ ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಮಿತಿಯೇ ಇಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಅತ್ಯಧಿಕ ತಾಪದ ಭಟ್ಟಿಗಳ ತಾಪವನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಳತಾಪಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಅಣುಬಾಂಬು ಸಿಡಿದಾಗ ಆಕ್ಷಣ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ತಾಪಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಅದು ಅತ್ಯಲ್ಪವೆಂದರೆ ಏನೂ ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಬೇಕಾದುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ತಾಪ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲಾ, ಅಣು ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋದರೂ, ಚಲನೆಯೇ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪಬಹುದೇ ಹೊರತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪಲಾರದು. ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳೂ ವಿಶ್ರಾಂತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಈ ತಾಪವನ್ನು ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯ (absolute zero) ತಾಪವೆನ್ನುವರು. ಈ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳು ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಲಾರವು. ಅಷ್ಟೇ

ಅಲ್ಲದೆ ನಮಗೆ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವ ಅನಿಲಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ತಾಪವನ್ನು ತಲುಪುವ ಮೊದಲೇ ಘನಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದುಬಿಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣವು ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ರೂಪ. ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗಲೇ ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶ ಅಥವಾ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟವಾಗುವುದೆಂದೂ, ಶಕ್ತಿಯ ಸಮತೋಲವನ್ನು ಕಾಪಾಡಬೇಕಾದರೆ ಇದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳ ಬೇಕಾಗುವುದೆಂದೂ ತಿಳಿದಿದ್ದೆವು. ಹೀಗೆ ನಷ್ಟವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಶಾಖದ ರೂಪ ದಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣೋತ್ಪತ್ತಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಘರ್ಷಣೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಶಾಖ ಹುಟ್ಟಿರಲೇಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೇಲಿನ ತತ್ವದ ಸ್ಥಾಪನೆ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಹಂತವಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಶಾಖವು ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪ ಎನ್ನುವ ಹೇಳಿಕೆಯೇ ತಾಪಚಾಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ (thermo-dynamics) ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ.

ಉಷ್ಣದ ಮಾನ ಕ್ಯಾಲೊರಿ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ನೀರಿನ ತಾಪವನ್ನು 1° ಸೆ. ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣವೇ ಒಂದು ಕ್ಯಾಲೊರಿ. ಒಂದು ಕ್ಯಾಲೊರಿ ಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕೆಲಸ ಅಥವಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೇ ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಾನತೆ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಈ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಾನತೆಯ ನಿಖರ ಅಳತೆಗಾಗಿ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ, ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ನೀರು ಚಲಿಸಿ, ಅಂದರೆ ನೀರನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಲಕಿ, ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯನ್ನೂ, ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನೂ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಒಂದು ಬಟ್ಟಲು ಟೀಯನ್ನು ತಣ್ಣಗೆ ಮಾಡಲು ಟೀಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಗಿ ಕಲಕುತ್ತೇವೆ. ಅಂದರೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ದ್ರವವನ್ನು ಕಲಕಿದಾಗ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿ ಆಗುವುದು ಎನ್ನುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗಿ ಕಾಣುವು ದಲ್ಲವೇ! ಆದರೆ ಟೀ ಕಲಕುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ್ದು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಎಂದರೆ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗುವುದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಶಾಖದ ದ್ರವದ ಭಾಗವನ್ನು ತಣ್ಣಗಿರುವ ದ್ರವದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ತರುವಷ್ಟರಲ್ಲೇ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಇಳಿತವಾಗಿ ಹೋಗಿರುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಪೂರ್ತಿ ಕಲಕುವಿಕೆಗೆ ಅಡ್ಡಿ ಬರುವ ಅಡಚಣೆಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಿರುವ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನೇನೋ ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅಳತೆಗೆ ನಿಲುಕುವ ತಾಪದ ಏರಿಕೆಗೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಒಟ್ಟು ಕೆಲಸವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿ, ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿರುವ ನೀರಿನ ತೂಕವೂ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. 1 ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ ತೂಕವನ್ನು 43 ಸೆಂ. ಮಿಾ. ಎತ್ತಲು ಎಷ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡಬೇಕಾಗುವುದೋ ಅಷ್ಟೇ ಕೆಲಸವನ್ನು 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು 1° ಸೆ. ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸಬಹುದಾದರೆ 1 ಪೌಂ. ನೀರನ್ನು 1° ಫಾರನ್ ಹೀಟ್‌ಗೆ ಏರಿಸಲು ಅಥವಾ 79 ಪೌಂಡ್ ತೂಕವನ್ನು 10 ಅಡಿ ಎತ್ತಲು ಅಥವಾ 790 ಪೌಂಡ್ 1 ಅಡಿ ಎತ್ತಲು ಮಾಡಬೇಕಾಗುವ ಕೆಲಸವೂ 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು 1° ಸೆ. ಏರಿಸಲು ಮಾಡಬೇಕಾಗುವ ಕೆಲಸವೂ ಒಂದೇ.

ಕೆಲಸವನ್ನು ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ವಿಷಯ ಇಷ್ಟಾಯಿತು. ಇದು ಹೀಗಾಗಲಿ ಎನ್ನುವ ಅಭಿಲಾಷೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಇದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹಗ್ಗವನ್ನು ಹಿಡಿದು ಜಾರಿದಾಗ ಇದು ಅನುಭವ ವೇದ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿ ಜಾರಿದರೆ ಕೈಗಳು ಸುಡುವ ಸಂಭವವೂ ಇದೆ.

ಕೆಲಸವನ್ನು ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೂ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಹಬೆ ಯಂತ್ರವು ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ ಅದೇ ರೀತಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. 1 ಕ್ಯಾಲೊರಿ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, 1 ಕಿಲೊಗ್ರಾಂ ತೂಕವನ್ನು 43 ಸೆಂ.ಮಿಾ. ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತಲು ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಉಷ್ಣ ಕೆಲಸದ ರೂಪಾಂತರ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ನಿಯಮಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟಿದೆ. ಅದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಎರಡು ದೇಶಗಳ ನಡುವೆ ಹಣ ಪರಿವರ್ತಿಸುವಾಗ ನಿಮ್ಮ ಹಣಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ಬದಲಾವಣೆ ನೀವು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆದರೂ ಬದಲಾವಣೆಯ ಮೊತ್ತವು ಕೆಲವು ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವಾಗಲೂ ಹೀಗೆಯೇ ಆಗುತ್ತದೆ.

ತಾಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯತಾಸವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. 70° ಫಾ. ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಸರೋವರದ ಒಂದು ಕೋಟಿ ಟನ್ ನೀರಿನ (ಇದು ಅಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಸರೋವರವೇನೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ) ತಾಪವನ್ನು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ತಾಪಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ, ಈ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ, 3 ಕೋಟಿ ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಗಂಟೆಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕೆಲಸವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ 1000 ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು 34 ವರ್ಷಗಳು ಪಡೆಯಬಹುದೆಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗಿಲ್ಲದಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಪಡೆದು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತ ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಸೃಜಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿಸುವ ಒಂದು ನಿಯಮವಿದೆ. ಇದನ್ನು ತಾಪಚಲನದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮ ಎನ್ನುವರು.

ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬೇಕಾದರೆ ತಾಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬೇಕೆಂದಾಯಿತು. ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಅದರ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿದ್ದಾಗಲೆಲ್ಲಾ ನಾವು ಈ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲೆವೆ ? ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಹಬೆಯಂತ್ರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಹಬೆಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಬಾಯಲರ್ ಮತ್ತು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಒಂದು ಬಾಷ್ಪಕಾರಕವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ಅಂಶವು ತಾಪದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ. ಬಾಯಲರನ್ನು ಕಾಯಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಿನ ಒಂದಂಶವನ್ನು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ (ಇದೇ ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶ) ಉಳಿದುದನ್ನು ದ್ರವೀಕಾರಕಕ್ಕೆ ವಾಪಸು ಕಳುಹಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಬಾಯಲರ್ ಪಡೆದ ಉಷ್ಣತೆಯು, ನಾವು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದ ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ದ್ರವೀಕಾರಕಕ್ಕೆ ವಾಪಸು ಕಳುಹಿಸಿದ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು ಎನ್ನುವ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಸರಿಹೋಗುವುದು. ಇದನ್ನೆ ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತೆ (conservation of energy) ಯ ನಿಯಮವೆನ್ನುವರು. ನಮಗೆ

ಬೇಕಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ಕೆಲಸದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಉಷ್ಣದ ಅಂಶ ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾದದ್ದು. ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು 100° ಸೆ. ನಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತದೆ. ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ 15 ರಷ್ಟು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ತಾಪವು 200° ಸೆ. ಗೆ ಸಮೀಪವಾಗುತ್ತದೆ. ಇತರ ಪರಿಣಾಮ ಗಳೊಂದಿಗೆ ಈ ಹೆಚ್ಚಾದ ತಾಪವು ದೊರೆಯುವುದರಿಂದಲೇ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದ ಹಬೆಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ ನೀರ್ಗಾಲಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಪರಿಗಣನೆಯೇ ಅಂತರ್ದಹನ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೂ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯತಾಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ರವಕಾರಕವನ್ನು ಸೃಜಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ತತ್ವಶಃ ಹೆಚ್ಚು ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಇಲ್ಲ.

ಒಂದು ಕ್ಯಾಲೊರಿ ಅಂದರೆ 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು 1° ಸೆ. ತಾಪಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣವೆಂದು ಈಗಾಗಲೇ ಅದರ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ನಿರೂಪಿ ಸಿದ್ದೇವೆ. 1ಗ್ರಾಂ ಯಾವುದಾದರೂ ವಸ್ತುವಿನ ತಾಪವನ್ನು 1° ಸೆ. ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣ (specific heat) ಎನ್ನುವರು. ಲೋಹಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣ ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತಾಮ್ರದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣ ಸುಮಾರು 0·09, ಸೀಸ ಮತ್ತು ಚಿನ್ನದ್ದು ಸುಮಾರು 0·03. ಅಂದರೆ ನೀರಿನ ತಾಪವನ್ನು 1° ಸೆ. ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಉಷ್ಣ ಪರಿಮಾಣವೇ ಅದೇ ತೂಕದ ಸೀಸ ಅಥವಾ ಚಿನ್ನವನ್ನು ಸುಮಾರು 33° ಸೆ. ಗೆ ಏರಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆಯೇ—ಸಾಧಾರಣ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದು ಕೊಂಡರೆ—ಅತ್ಯಧಿಕ ಅಂದರೆ ಒಂದಕ್ಕೆ ಸಮ. ಧಾತುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ ಪರಿಮಾಣ.

ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಉದ್ದೇಶ ಯಾವಾಗಲೂ ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿ ಸುವುದೇ ಅಲ್ಲ. ತಾಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದೆ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾಯಿಸಲೂ ಉಷ್ಣವು

ಅವಶ್ಯಕ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲು ಅಂದರೆ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು ನೀರಿಗೆ ರೂಪಾಂತರಿಸಲು ಅಥವಾ ಘನರೂಪದ ಸೀಸವನ್ನು ದ್ರವರೂಪದ ಸೀಸಕ್ಕೆ ರೂಪಾಂತರಿಸಲು ಅಥವಾ ದ್ರವವನ್ನು ಆವಿ ಮಾಡಲು ಅಂದರೆ ನೀರನ್ನು ನೀರಾವಿ ಮಾಡಲು ಅಥವಾ ಬೆನ್‌ಜಿನನ್ನು ಬೆನ್‌ಜಿನ್ ಆವಿಯಾಗಿ ಮಾಡಲು ಉಷ್ಣವು ಅವಶ್ಯಕ.

ಹೀಗೆ ಸ್ಥಿತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ (latent heat) ಎನ್ನುವರು. ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ಕರಗಿಸಲು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಅದನ್ನು ದ್ರವೀಕರಣ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆಂದೂ, ದ್ರವವನ್ನು ಆವಿಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಭಾಷ್ಪೀಕರಣ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಪರಿಮಾಣ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೀರಿಗಂತೂ ಈ ಪರಿಮಾಣ ಅಧಿಕವಾಗಿಯೇ ಇದೆ. ಅಂದರೆ 0° ಸೆ.ನಲ್ಲಿ 1 ಗ್ರಾಂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರಿಗೆ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾಯಿಸಲು 80 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣ ಹಾಗೂ 100° ಸೆ. ನಲ್ಲಿ 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು ಆವಿಗೆ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರ ಮಾಡಲು 540 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳೂ ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಇರುವ ಒಂದು ಬಕೆಟ್ ನೀರು ಬಹಳ ಹೊತ್ತಾದರೂ ತಣ್ಣಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನಿಂದ ಪಡೆದ ಶಾಖವು ಎಲ್ಲ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಕರಗುವವರೆಗೂ 0° ಸೆ. ತಾಪವನ್ನು ಮೀರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕೆಟಲಿನಲ್ಲಿರುವ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಶಾಖವನ್ನು ಕುದಿದು ಆವಿಯಾಗಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಏಕೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೇ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ನಾವು 20° ಸೆ. ನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿದರೆ ಪ್ರತಿ ಗ್ರಾಂ ನೀರು ಕುದಿಯಲು 80 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರತಿ ಗ್ರಾಂ ಆವಿಯಾಗಲು 540 ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಉಷ್ಣವು ಮೂರು ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಷ್ಣವಹನ (conduction), ಉಷ್ಣಸಂವಹನ (convection) ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ (radiation) ಎನ್ನುವರು. ಈ ಮೂರನ್ನೂ ನಾವು ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುತ್ತೇವೆ.

ಘನವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ ಉಷ್ಣವು ಪ್ರವಹಿಸಿ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಇತರ ಭಾಗಗಳ ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅದರಲ್ಲೂ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬಹುದು. ಲೋಹದಿಂದಲೇ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಬಿಸಿ ದ್ರವವನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ ಹಿಡಿಯೂ ಬಿಸಿಯಾಗುವುದು. ಒಂದು ಲೋಹದ ಕಂಬಿಯನ್ನು ಯಾವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಕಾಯಿಸಿದರೂ, ಅದರ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿ ಜಾಗ್ರತೆಯಾಗಿ ಬಿಸಿಯಾಗೇ ಆಗುವುದು. ಈ ಪರಿಣಾಮ ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸೀಸದಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟೊಂದು ಪರಿಣಾಮ ಕಾಣಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಹೊಳೆಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರು ಹೇಗೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ದೂರದಲ್ಲಿನ ಮಟ್ಟ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆಯೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಉಷ್ಣ ಪರಿಮಾಣವು, ಪ್ರವಹನದ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಲ್ಲಿನ ತಾಪದ ಇಳಿತದಿಂದಲೂ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹನ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹತೆ (thermal conductivity) ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣದಿಂದ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ. 1 ಸೆಂ. ಮಿ. ನಲ್ಲಿ 1° ಸೆ. ನಷ್ಟು ತಾಪ ಕಡಿಮೆಯಾಗಲು, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾನಸಲೆಯಲ್ಲಿ (1 ಚ.ಸೆಂ.ಮಿ.) ಪ್ರವಹಿಸಬೇಕಾದ ಉಷ್ಣ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಕ್ಯಾಲೊರಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸುವುದೇ 'ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹತೆ'.

ಬರೀ ಲೋಹಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇತರ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೂ ಉಷ್ಣವು ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವಗಳು ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈಗ ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೇ ಗಾಜು, ಮರ ಇಂತಹ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರವಹನ ಗೋಚರಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಉರಿಗೆ ಹಿಡಿದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೆಚ್ಚಗಾದರೂ, ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಷ್ಟು ಬಿಸಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಲೋಟದ ತುಂಬಾ ಬಿಸಿನೀರನ್ನು ತುಂಬಿದರೆ ಹೊರಭಾಗವು ಬಹಳ ಬೇಗ ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಷ್ಟು ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ದೂರ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ.

ಮರ ಮತ್ತು ಗಾಜಿನಂತಹ ವಸ್ತುಗಳು ಒಳ್ಳೆಯ ಉಷ್ಣವಾಹಕಗಳಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೂ, ಲೋಹಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅವು ಎಷ್ಟು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಬಲ್ಲದು ಎನ್ನುವುದಷ್ಟೆ. ತಾಮ್ರದ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿಯ ಉಷ್ಣಪ್ರವಹತೆ ಒಂದೂ, ಹಾಗೂ ಸೀಸದ್ದು 0.08 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಗಾಜಿನದು 0.002 ಮತ್ತು ಮರದ್ದು 0.005 (ಅಂದರೆ ತಾಮ್ರದ ಪ್ರವಹತೆಯ $\frac{1}{2000}$ ರಷ್ಟು) ಇರುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿ ದ್ರವವು ತಾನೇ ಬಿಸಿಯಾದ ಭಾಗದಿಂದ ತಣ್ಣಗಿರುವ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿ ದ್ರವವನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಆಗಲಿ ಕಲಕದೇ ಇದ್ದರೂ, ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ವ್ಯಾಕೋಚ ಹೊಂದಿ, ಅದರಿಂದ ಹಗುರವಾಗಿ, ತಣ್ಣೀರಿನ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಜೊತೆಗೆ ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡು ಮೇಲೇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ಎನ್ನುವರು. ಈ ರೀತಿಯ ಉಷ್ಣ ಚಲನೆ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲೂ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿಯಾದ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಬಿಸಿಗಾಳಿ ಮೇಲಕ್ಕೇರುವುದನ್ನು ನಾವೆಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಿಸಿರುತ್ತೇವೆ. ಕೆಳಗಡೆಯಿಂದ ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಬಹಳ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದ ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಪ್ರಸಾರವು ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲೂ ಉಷ್ಣವು ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಗಣನೀಯವಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಬಹಳ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಒಂದು ಪ್ರನಾಳವನ್ನು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದು ತಳವನ್ನು ಮಾತ್ರ ದೀಪದಿಂದ ಕಾಯಿಸಿದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೇ ಮೇಲ್ಭಾಗವು ಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಲಾಗದಷ್ಟು ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಬಹುವಾಗಿ ಉಷ್ಣಸಂವಹನದಿಂದ ಪ್ರವಹಿಸಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಕೆಳಭಾಗವನ್ನುಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದು ಮೇಲ್ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕಾಯಿಸಿದರೆ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯಲು ಆರಂಭವಾದರೂ ಕೆಳಭಾಗ ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಕಾದ ನೀರು ಹಗುರವಾಗುವುದರಿಂದ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದಾಗಲಿ ಕೆಳಭಾಗಕ್ಕೆ ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ತಳಭಾಗ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೆಚ್ಚಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ವೇನೆಂದರೆ ಅಲ್ಪೋಷ್ಣವಾಹಕವಾದ ಗಾಜಿನ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣವಹನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹಿಸಿರುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಪ್ರವಹತೆ ಸುಮಾರು ಗಾಜಿನ ಉಷ್ಣಪ್ರವಹತೆಯಷ್ಟೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಅನಿಲಗಳು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಅಲ್ಪವಾಹಕಗಳು. ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆಯನ್ನು ಬೆಚ್ಚನೆ ಉಡುಪಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ವೆಂದರೆ, ಉಣ್ಣೆಬಟ್ಟೆಯ ನೂಲೆಳೆಗಳ ನಡುವೆ ಗಾಳಿಯು ಬಂಧಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಬಂಧಗೊಳಿಸಿ ದೇಹದಿಂದ ಉಷ್ಣವು, ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆ ಧರಿಸಿರುವವನು ಅಚಲ ಗಾಳಿಯ ಪದರವನ್ನು ಹೊದ್ದಿಕೊಂಡಂತಿರು ತ್ತಾನೆ. ಕೆಲವು ಘನ ವಸ್ತುಗಳು ವಿಶೇಷ ಅಲ್ಪವಾಹಕಗಳು. ಹೇಗೆಂದರೆ ಇವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕೋಶಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದ್ದು ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆಗೆ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡದೆ ತಮ್ಮಲ್ಲೇ ಗಾಳಿಯನ್ನು ನಿರ್ಬಂಧಿಸಿ, ಉಷ್ಣಸಂವಹನದಿಂದ ಪ್ರವಹನ ಸಾಧ್ಯ ವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೊಂದು ಉದಾಹರಣೆ ಬಾಲ್ಸಾಮರ. ಇದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ನೀರಿನದರ $\frac{1}{8}$ ಭಾಗ; ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹಳ ಹಗುರ. ಈ ಮರ ಉಷ್ಣಸಂವಹನದಿಂದ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುವುದೇ ಇಲ್ಲ.

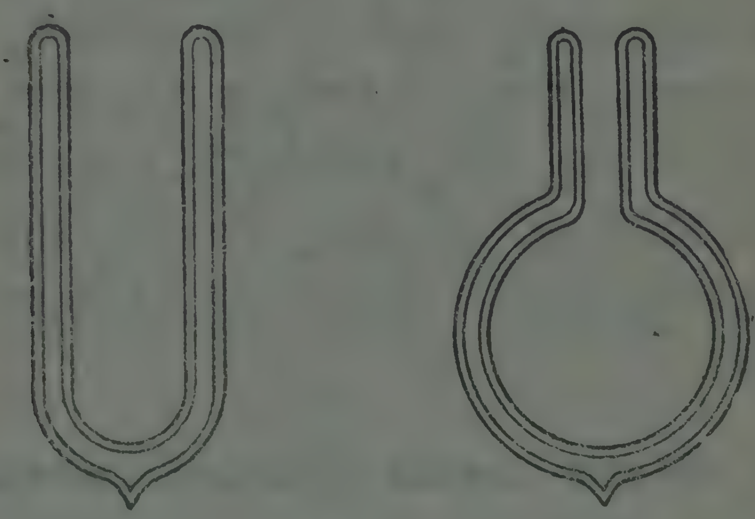
ಸೂರ್ಯನ ಶಾಖವು ನಮಗೆ ಉಷ್ಣವಹನದಿಂದಾಗಲೀ ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ದಿಂದಾಗಲೀ ತಲುಪುವುದಿಲ್ಲ. ಇವೆರಡರಿಂದ ಭಿನ್ನವಾದ ವಿಕಿರಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲುಪುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಣಗಳು, ಭೂಮಂಡಲ ವನ್ನು ತಲುಪುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ 920 ಲಕ್ಷ ಮೈಲಿ ಖಾಲಿಜಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಾಸಮಾಡಿ ನಂತರ ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆಯೋ ಅದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಭೂಮಂಡಲದ ಮೇಲ್ಮೈ ಸ್ವಲ್ಪ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೀರಿ ಭೂಮಿಯು ಕಾವಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಕಿರಣದಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರಿಸದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು ಎನ್ನುವರು.

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಒಂದಿಷ್ಟಾದರೂ ಉಷ್ಣಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸೂಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ನಿರ್ಬಂಧಿಸಿರುವ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯ ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಎಷ್ಟು ವಿಕಿರಣ ಶಾಖವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತವೆಯೋ ಸರಿಯಾಗಿ ಅಷ್ಟೇ ವಿಕಿರಣ ಶಾಖವನ್ನು ತನ್ನ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಆ ವಸ್ತುಗಳ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ತಗಡಿನ ಘನಪಾತ್ರೆಯ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಮಂಕಾದ ಕಪ್ಪು ಬಣ್ಣ ಬಳೆದರೆ ಅದು ಅದೇ ಪಾತ್ರೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಹೊಳಪಾದ ಬಣ್ಣ ಬಳೆಯದ ತಗಡಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿಕಿರಣ ಶಾಖವನ್ನು ಹೊರಚೆಲ್ಲುವುದಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿಕಿರಣ ಶಾಖವನ್ನು ಹೀರುವುದೂ ಹೆಚ್ಚು. ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೊರಚೆಲ್ಲುವ ವಸ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಹೀರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೀರದಿರುವ ವಸ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಹೊರಚೆಲ್ಲುವುದೂ ಇಲ್ಲ. ಹೊಳಪಾಗಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಶಾಖವನ್ನೂ ಬೆಳಕನ್ನೂ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ; ಆದ್ದರಿಂದ ಹೊರಚೆಲ್ಲುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ.

ಜೇಮ್ಸ್ ದೇವಾರ್ ಎಂಬಾತ ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಇಡಲು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಫ್ಲಾಸ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಹನ, ಉಷ್ಣಸಂವಹನ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ ಈ ಮೂರು ರೀತಿಯಿಂದಲೂ ಉಷ್ಣವು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅದರೊಳಗಿರುವ ದ್ರವವನ್ನು ತಲುಪದಂತೆ ತಡೆಗಟ್ಟಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ರಚಿಸಿದನು.

ಏಕೆಂದರೆ ದ್ರವರೂಪದ ಗಾಳಿಯು ಬೇರೆ ಯಾವ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದಲೂ ರಭಸವಾಗಿ ಆವಿಯಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪಾತ್ರೆಗೆ ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇದರ ಆಕಾರ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಚಿತ್ರ 7 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಹೊರತೆಗೆದು ಮುದ್ರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಳಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಬಣ್ಣದ ಮುಲಾಮು ಬಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಉಷ್ಣನಯನ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣಸಂವಹನದಿಂದ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರವಹನಕ್ಕಾಗಲೀ ಚಲನೆಗಾಗಲೀ ಏನೂ ಇಲ್ಲವೇ ಇಲ್ಲ.

ಉಷ್ಣವು ದ್ರವವನ್ನು ತಲುಪಬಹುದಾದ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಹೊರಮೈಯಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೋಗಿ ಪುನಃ ಒಳ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನಿಂದ ಕೆಳಗಿಳಿದು ಬರುವುದು. ಹೀಗೆ ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ಉಷ್ಣ ಮಾತ್ರ ತಲುಪಬಲ್ಲದು. ಇಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲಕ ದ್ರವವನ್ನು ತಲುಪಬಲ್ಲದು. ಆದರೆ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಹೊಳಪಾದ ಬೆಳ್ಳಿ ಬಣ್ಣ ಬಳಿದಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಅಂತಹ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿಬಿಡುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಏನಿದ್ದರೂ ಹೊರಗಿನಿಂದ ದ್ರವವು ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪಡೆಯುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ. 7

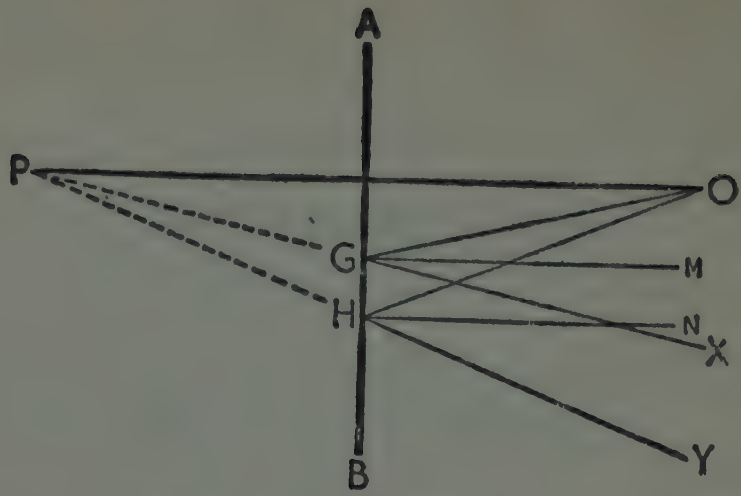
ಇದೇ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲೇ ಬಿಸಿ ದ್ರವವನ್ನು ಬಿಸಿಯಾಗಿಯೇ ಇಡಬಹುದು. ಹೇಗೆಂದರೆ ಎಷ್ಟು ಶಾಖವು ಒಳಭಾಗವನ್ನು ತಲುಪತ್ತದೆಯೋ ಅಷ್ಟೆ ಶಾಖವೇ ಹೊರಗೆ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಬಿಸಿದ್ರವವನ್ನು ಇಟ್ಟರುವಾಗ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಬಿರಡೆಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ಇದರಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೇರುವ ಬಿಸಿಗಾಳಿಯು ತಾನು ಹೋಗುವಾಗ ತನ್ನೊಡನೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗುವ ಶಾಖವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಬಹುದು. ಮೇಲಿನ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಇಂತಹ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಬಳಸಿದಾಗ ಅದನ್ನು 'ಥರ್ಮಾಸ್ ಫ್ಲಾಸ್ಕ' ಎನ್ನುವರು. ದೇವಾರನು ಈ ಹೊಸ ಭಾವನೆಯ ಮೇಲೆ ಸ್ವಾಮ್ಯ ಸ್ಥಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳದೆ ಹೋದುದರಿಂದ ಹೇರಳವಾಗಿ ಹಣ ಮಾಡುವ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಯಿತು. ಅದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಆತ ತುಂಬಾ ಶ್ರೀಮಂತನಾಗಿದ್ದ.

# 4

## ಬೆಳಕು

ಬೆಳಕಿನ ಗುಣಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಪುರಾತನವಾದುದು ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಗುಣವಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ ಪುರಾತನ ಮನುಷ್ಯ ತನ್ನನ್ನು ತಾನೇ ಗುರುತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲನಾಗಿದ್ದನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನೂ ವೀಕ್ಷಿಸಿದ್ದನು. ಹಲವು ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಹೊಳಪಾದ ಮುಲಾಮನ್ನು ಲೇಪಿಸಿ ಕನ್ನಡಿಯಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಸಮತಟ್ಟಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಬಹಳ ಸರಳವಾದರೂ ಕೆಲವು ಆಸಕ್ತಿ ಹುಟ್ಟಿಸಬಲ್ಲ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಇದರಿಂದ ಆಗಿವೆ.

ಚಿತ್ರ 8 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ಒಂದು ಕಿರಣವು AB ಎನ್ನುವ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು G ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ತಾಕಿದರೆ ಅದು GX ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಾಪಸು ಬರುತ್ತದೆ. G ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ GM ಲಂಬದೊಡನೆ ಈ ಕಿರಣದಿಂದಾಗುವ ಕೋನ MGX, OG ಕಿರಣ ದಿಂದ ಇದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪದಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಾದರೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದುದನ್ನೇ ಪ್ರತಿಫಲನ (reflection) ಕೋನವು ಪತನ (incidence) ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.




ಚಿತ್ರ 8

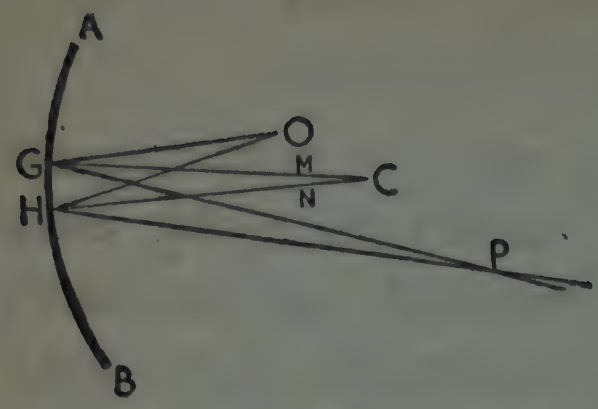
ಹೀಗೆಂದರೇನೆಂದು ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಕನ್ನಡಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಬರುವ G X ರೇಖೆಯು O ಬಿಂದುವಿಗೆ ವಿಮುಖವಾಗಿ ಕನ್ನಡಿಯ ಹಿಂದೆ ಅಷ್ಟೇ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದಲೇ ಬಂದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. O ಯಿಂದ ಹೊರಟ ಬೇರೆ ಯಾವ ಕಿರಣಕ್ಕಾದರೂ ಇದೇ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. O ಬಿಂದುವಿನಿಂದಲೆ ಹೊರಟ O H ಪತನ ರೇಖೆಯು H Y ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವಾದಾಗಲೂ, ಕನ್ನಡಿಯ ಮುಖಾಂತರ ನೋಡುತ್ತಿರುವ ಯಾರಿಗಾದರೂ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು P ಯಿಂದ ಬರುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ ಯಾವ ವಸ್ತುವೇ ಆಗಲಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೀತಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವ ಬಿಂದುಗಳಿಂದಲೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಕಾಣಿಸುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೂ ವಸ್ತುವು ಇರುವ ಹಾಗೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ ವಸ್ತುವು ಕನ್ನಡಿಯ ಮುಂದೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕನ್ನಡಿಯ ಹಿಂದೆ ಇರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಪ್ರಾಣಿಗಳನ್ನು ಸಮಸ್ಯೆಗೀಡುಮಾಡುವುದು. ಅವುಗಳು ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಕಂಡಾಗ ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಾಣಿ ತಮ್ಮನ್ನೆದುರಾಗಿದೆ ಎಂದಷ್ಟೆ ತಿಳಿಯುವುವಲ್ಲದೆ ಇವು ಹತ್ತಿರ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ಬಂದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಿಂದಲೇ ಕಿರಣಗಳು ಬರದೇ

ಇದ್ದರೂ, ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಿಂದ ಬಂದಂತೆ ಕಾಣುವುದರಿಂದ ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು 'ಮಿಥ್ಯ' ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಎನ್ನುವರು.

ಸಾಧಾರಣ ದರ್ಪಣಗಳಲ್ಲಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಬೆಳಕು ಗಾಜಿನ ಮುಂಭಾಗದ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದಲೂ, ಹೆಚ್ಚು ತೀಕ್ಷ್ಣ ಬೆಳಕು ಹಿಂಭಾಗದ ಬೆಳ್ಳಿ ಮುಲಾಮಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ದರ್ಪಣವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಓರೆಯಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಾಗಲಂತೂ ಒಂದು ತೀಕ್ಷ್ಣ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೂ ಒಂದು ಮಸಕಾಗಿರುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೂ ಕಾಣಿಸುವುದು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಬೇಕಾಗುವ ಅಂದರೆ ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಇತರ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಮುಂಭಾಗಕ್ಕೆ ಹೊಳಪಾದ ಲೋಹದ ತೆಳು ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ಗಾಜಿನ ಹಾಳೆಯ ಹಿಂದೆ ಪೂರ್ತಿ ಕತ್ತಲಿದ್ದಾಗಲೂ, ಮುಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಒಂದು ದೀಪವನ್ನು ಹಚ್ಚಿಟ್ಟರೆ ಅದರ ಒಳ್ಳೆಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಸಂದರ್ಭೋಚಿತವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, ಭೂತಗಳ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ AB ಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 9 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ ಒಂದು ವೃತ್ತ ಭಾಗವಾಗುವಂತೆ ಬಗ್ಗಿಸಿದರೆ, ಚಿತ್ರ 8 ರ GX ಮತ್ತು HY ಕಿರಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸುತ್ತಲೇ ಹೋದರೆ ಚಿತ್ರ 9 ರ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇವೆರಡೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಛೇದಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಮೇಲ್ಮೈಯು ವೃತ್ತದ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿದ್ದರೆ ಈ ಹಾಳೆಯ ಸಮತಲದಲ್ಲೇ ಅಲ್ಲದೆ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳು P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ O ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು P ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲೂ ಪಡೆಯಬಹುದಲ್ಲದೆ ದರ್ಪಣದ ಮುಂದೆ ಇರುವವನಿಗೆ ಇದು ಗೋಚರಿಸುವುದು. ಇದು ಒಂದು 'ಸತ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ'; 'ಮಿಥ್ಯ'ವಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು P ಯಿಂದ ಹೊರಟಂತೆ ಕಾಣುವುದಷ್ಟೇ




ಚಿತ್ರ. 9 ವೃತ್ತಭಾಗದ ದರ್ಪಣದ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ

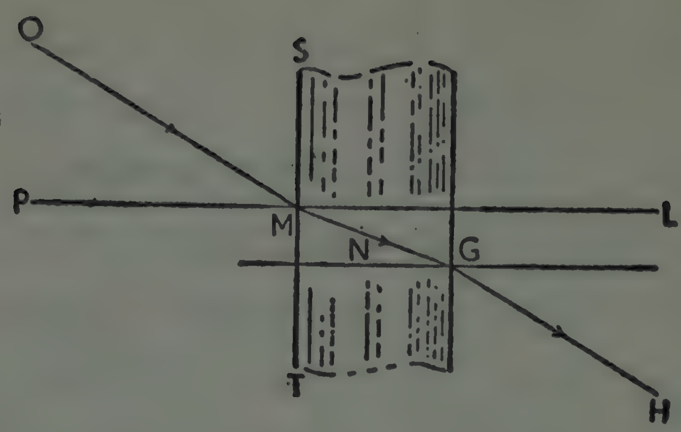
ಅಲ್ಲ; P ಯಿಂದಲೇ ಹೊರಡುತ್ತವೆ. P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಳಿ ರಟ್ಟಿನ ಹಾಳೆಯನ್ನಿಟ್ಟರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ರಟ್ಟಿಗೆ ಬೆಳಕು ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದ ಬೀಳುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಕಾಣುತ್ತದೆ. P ನಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿದ್ದರೆ, O ನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆಯೋ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅನುಮಾನಿಸಲೇಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲ ಕಿರಣಗಳ ಪಥ ಒಂದೇ; ಆದರೆ ದಿಕ್ಕು ವಿಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ. P ಯು ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ 'ಅಕ್ಷ' (axis) ದ ಮೇಲಿದ್ದರೆ ಅಂದರೆ ದರ್ಪಣದ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹಾದುಹೋಗುವ ರೇಖೆಯ ಮೇಲಿದ್ದರೆ, ಕಿರಣಗಳೆಲ್ಲ ಸಂಧಿಸುವ O ಬಿಂದುವನ್ನು ದರ್ಪಣದ ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದು (focus) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು ಮತ್ತು ದರ್ಪಣದಿಂದ ಈ ಬಿಂದುವಿಗಿರುವ ದೂರವನ್ನು ಸಂಗಮ ದೂರ (focal length) ಎನ್ನುವರು. ದರ್ಪಣದ ವಕ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ, ಈ ಬಿಂದು ದರ್ಪಣದಿಂದ ದೂರವಾಗಿ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೂ ದೊಡ್ಡದಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಫಲನ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವು ಈ ತತ್ವವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ, ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು—ಅಂದರೆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಹತ್ತಿರಕ್ಕೆ ತಂದಂತಾಯಿತು—ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಯವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ದರ್ಪಣದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ—ಅಕ್ಷದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣಗಳೂ ಸೇರಿ—ಎಲ್ಲ ಕಿರಣಗಳೂ ಸರಿಯಾಗಿ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಲು ಅನುಕೂಲಿಸಲು ದರ್ಪಣವನ್ನು ನಿಖರವಾದ ವೃತ್ತಭಾಗದ ಆಕಾರದ ಬದಲು ಪೆರಾಬೋಲದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ.

ಎಲ್ಲ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಪ್ರತಿಫಲನ ರೀತಿಯ ದೂರ ದರ್ಶಕಗಳೇ. ದರ್ಪಣ ದೊಡ್ಡದಾದಷ್ಟೂ, ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಬೆಳಕೂ ಹೆಚ್ಚು. ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಹೆಚ್ಚು. ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಪ್ರಕಾಶ ಇಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದು. ಏಕೆಂದರೆ ಬಹಳ ಮಂದಪ್ರಕಾಶದ, ಬರಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುವ ಸಂದರ್ಭಗಳು ಅನೇಕವಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯದ ಮೌಂಟ್ ಪಾಲೊಮರ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಪಂಚದ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕದ ದರ್ಪಣದ ವ್ಯಾಸ 200 ಅಂಗುಲಗಳು. ಈ ದರ್ಪಣವನ್ನು ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಿ ಮೇಲೆ ಹೊಳಪಾದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಪದರವಿರುವಂತೆ ತೆಳುವಾದ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಹಾಳೆಯನ್ನು ಹೊದಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ದೊಡ್ಡ ದರ್ಪಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೂತಿನ ಮೂಲಕ ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಚಿಕ್ಕ ದರ್ಪಣದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಹೀಗೆ ಬಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಕನ್ನಡಿಯ ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿ, ಅವಲೋಕಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಈ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಫೋಟೊ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಬೇರೆ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ದರ್ಪಣದಿಂದ ಕಿರಣಗಳು ಪಕ್ಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವಂತೆ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ದರ್ಪಣವನ್ನಿಟ್ಟು, ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಾರೆ.

ನಾವು ಈಗ ಗಾಜು ಅಥವಾ ನೀರಿನಂತಹ ಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕು ಹರಿಯುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

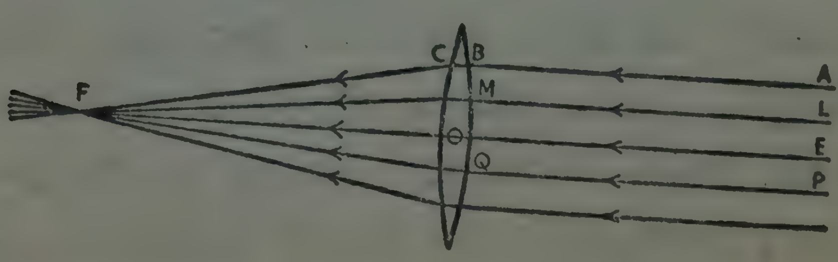
ಚಿತ್ರ 10ರಲ್ಲಿ OM ಕಿರಣವು ಗಾಜಿನ ತುಂಡಿನ ST ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಾಕಿ, ಗಾಜಿನ ತುಂಡಿನೊಳಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನೊಳಹೊಕ್ಕ ನಂತರ ಕಿರಣವು ನೇರವಾಗೇ ಇದ್ದರೂ, ಒಳಹೋಗುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ PML ಲಂಬದ ಕಡೆಗೆ ಬಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಪಾರದರ್ಶಕ ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಾಕಿದ ಕಿರಣದ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಭವನವು (refraction) ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಅಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಗಾಜಿಗಿಂತ ಬಾಗುವಿಕೆ ಕಡಿಮೆ, ಅಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ




ಚಿತ್ರ. 10 ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಗಾಜಿನ ತುಂಡಿನ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕಿನ ಬಾಗುವಿಕೆ ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಭವನ

ವಿಧದ ಗಾಜುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಪರಿಮಾಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಕುವ ಕೋನ ಅಥವಾ ಪತನ ಕೋನ OMP ಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ವಕ್ರೀಭವನ ಕೋನವು ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಗಾಜಿನಿಂದ ಗಾಳಿಗೆ ಹೊರಬರುವ ಕಿರಣವೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಗಿದರೂ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಏಕದಪ್ಪದ ಗಾಜಿನ ತುಂಡಿನಿಂದ ಹೊರಬಂದಿರುವ GH ಕಿರಣವು OM ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ GH ಕಿರಣವು ಲಂಬಕ್ಕೆ ದೂರವಾಗಿ ಬಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈಗ ಕಿರಣವು ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಜರುಗಿರುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ. 11 ಒಂದು ಪೀನ ಯವದ ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದು

ದೂರದ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ (ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲೆಂದರೆ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣಗಳು ಯವವನ್ನು ತಲುಪುವ ವೇಳೆಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಹೋಗುವಷ್ಟು) ಕಿರಣ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಪೀನ ಯವದ ಮೇಲೆ ಚಿತ್ರ 11ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ತಾಕಿದಾಗ, ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ: AB ಕಿರಣವು ನಿಮ್ನ ಯವದ ಮುಂಭಾಗವನ್ನು ತಾಕಿದಾಗ, ಬಾಗಿ ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಭವನವಾಗಿ BC ನೇರದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕಿರಣವು ಲಂಬಕ್ಕೆ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಕೋನದಲ್ಲಿ B ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಾಕದಿರುವುದರಿಂದ ಬಾಗುವಿಕೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಗಾಜಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವಾಗ ಪುನಃ ಕಿರಣವು ಬಾಗಿ CF ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. LM ಮತ್ತು PQ ನಂತಹ ಇದೇ ರೀತಿಯ ರೇಖೆಗಳು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಕ್ರೀಭವನಗೊಂಡು, ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಬಾಗದಿರುವ ಯವದ ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಾದ O ಮೂಲಕ ಹೋಗುವ EO ಕಿರಣವೂ F ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೇ ದೂರವಸ್ತುವಿನ ಸತ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ವಕ್ರೀಭವನವಾದ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣಗಳು ಯಾವ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುತ್ತವೆಯೋ ಆ ಬಿಂದುವನ್ನೇ ಯವದ ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದು ಎನ್ನುವರು.

ದೂರವಸ್ತು ಮನುಷ್ಯನಾದರೆ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರ 11 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಕಿರಣಗಳು ಅವನ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಟಿದ್ದರೆ, ಅವನ ತಲೆಯ ಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಣಗಳು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಕಿರಣಗಳೊಡನೆ ಸಣ್ಣ ಕೋನದಲ್ಲಿ ತಾಗಿ F ಬಿಂದುವಿನ ಕೆಳಗೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಪಾದದಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಣಗಳೂ ಹೀಗೆಯೇ F ಬಿಂದುವಿನ ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಕೋನದಲ್ಲಿ ತಾಗಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು F ಬಿಂದುವಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ನಮಗೀಗ ತಲೆಕೆಳಗಾದ ಚಿಕ್ಕ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ಯವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ಚಿಕ್ಕ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗುವಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ಜೋಡಣೆಯಿಂದ ಒಂದು ಸರಳ ವಕ್ರೀಭವನ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು [ಪ್ರತಿಫಲನ ದೂರದರ್ಶಕ

ಯಂತ್ರವಲ್ಲ] ಸಂಯೋಜಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಮುಂಭಾಗದ ಯವವನ್ನು 'ವಸ್ತುಯವ' ವೆಂದೂ, ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡುವ ಯವವನ್ನು 'ಅಕ್ಷಿಯವ'ವೆಂದೂ ಕರೆಯುವರು.

ಖಗೋಳೀಯ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ತಲೆಕೆಳಕಾಗಿದ್ದರೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನೋಡಲು ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ತಲೆಕೆಳಕಾಗಿದ್ದರೆ ಅಷ್ಟು ಸಮಂಜಸವೆನಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ತಲೆಕೆಳಕಾಗಿ ಬರುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಿಂದ ಒಂದು ನಿಮ್ನಯವವನ್ನು—ಅಂದರೆ ಮಧ್ಯೆ ತೆಳ್ಳಗಿರುವ ಮತ್ತು ಪರಿಧಿಯ ಹತ್ತಿರ ದಪ್ಪವಿರುವ ಯವವನ್ನೊ ಅಥವಾ ಅನುಕೂಲವಾದ ಒಂದು ಪೀನಯವವನ್ನೊ—ವಸ್ತುಯವಕ್ಕೂ ಅಕ್ಷಿಯವಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇಟ್ಟು ನೇರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಯವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಹೇಗೆ, ಎಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಹಲವು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾದ ಕಿರಣವು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಂತೆ ಬಾಗಬೇಕು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಯವದ ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಕಿರಣವು ಬಾಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಚಿತ್ರ 11 ರಲ್ಲಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು.

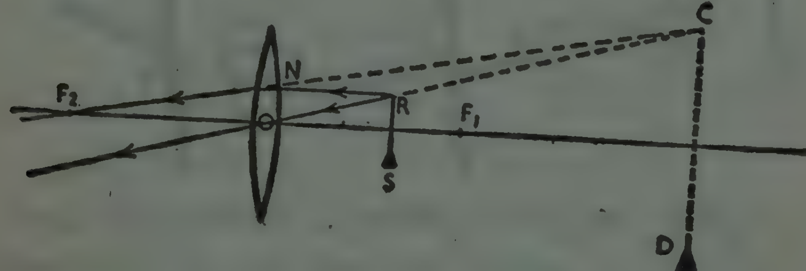



ಚಿತ್ರ. 12 ಪೀನಯವದಲ್ಲಿ ಸತ್ಯ ಬಿಂಬ

ಚಿತ್ರ 12 ರಲ್ಲಿ PQ ವಸ್ತುವು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದು $F_1$ ನಿಂದ ಅತಿದೂರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ PM ಕಿರಣವು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮಬಿಂದು $F_2$*

*ಯವದ ಎರಡೂ ಕಡೆಗಳಲ್ಲೂ ಸಮದೂರದಲ್ಲಿ ಸಂಗಮಬಿಂದುಗಳಿದ್ದು, ಸಂದರ್ಭೋಚಿತವಾಗಿ ನಮಗೆ ಅನುಕೂಲವಾದದ್ದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

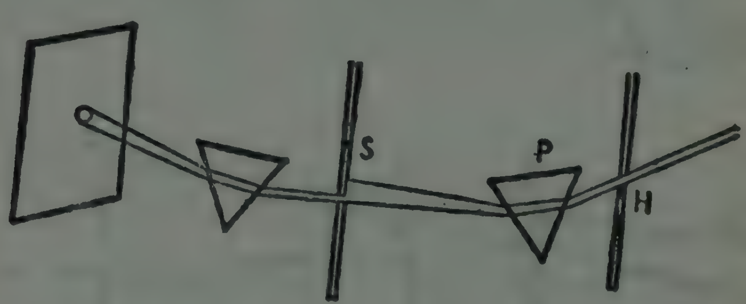
ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಂತೆ ಬಾಗುತ್ತದೆ. PO ಕಿರಣವು ಬಾಗದೆ MF ನ್ನು A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕತ್ತರಿಸಿ ಮೊದಲೇ ಗೊತ್ತಿರುವಂತೆ Pನ ಸತ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ Qನ ಸತ್ಯಪ್ರತಿಬಿಂಬವು Bಯಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು P ಮತ್ತು Qಗಳ ನಡುವಿನ ಬಿಂದುಗಳ ಸತ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು B ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವೆ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ: ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯವದ ಸಂಗಮ ಬಿಂದು $F_1$ ಗಿಂತ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿ R ವಸ್ತುಬಿಂದುವಿದ್ದರೆ (ಚಿತ್ರ 13) RN ಕಿರಣವು $F_2$ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದರೂ, ROಕಿರಣವು ಯವದ ಇನ್ನೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಆ ಕಿರಣವನ್ನು ಸಂಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಯವದ ಅದೇ ಪಾರ್ಶ್ವದ C ಬಿಂದುವಿನಿಂದ NF ಮತ್ತು RO ಗಳು ಬರುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಮಿಥ್ಯ ಪ್ರತಿ ಬಿಂಬ. RS ವಸ್ತುವಿನ ಪೂರ್ಣಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ CD ಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಿಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ವಸ್ತುವಿಗಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ರುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ದೊಡ್ಡ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಪಡೆಯಲು ಯವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಈ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಯವವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಅಂದರೆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಯವದ ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿಟ್ಟು, ನಾವು $F_2$ ಕಡೆಯಿಂದ ನೋಡಿದಾಗ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಕಾಣುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ 13. ಪೀನಯವದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಮಿಥ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ

ಮುನ್ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಗಾಜಿನ ಪಟ್ಟಕ ವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ನಡೆಸಿದ ಒಂದು ಮೂಲಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 14 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಟ ಒಂದು ಕಿರಣಾವಳಿ H ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಕತ್ತಲೆ ಕೋಣೆಯಲ್ಲಿರುವ P ಪಟ್ಟಕ

(prism) ದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸಿದೆ. ಪಟ್ಟಕದ ಮೂಲಕ ಈ ಕಿರಣ ಸಮೂಹ ಹಾದು S ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ವರ್ಣಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು 'ವರ್ಣಪಟಲ' (spectrum) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಪಟ್ಟಕವು ಕೆಳಮುಖವಾಗಿದ್ದರೆ ವರ್ಣಪಟಲವು ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಿತ್ತಲೆ, ಹಳದಿ, ಹಸಿರು, ನೀಲಿ, ಊದಾಗಳ ಮೂಲಕ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ತಿಳು ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣದೊಂದಿಗೆ ಕೊನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅನೇಕರಿಗೆ ನೀಲಿ ಮತ್ತು ನೇರಳೆಗಳ ನಡುವೆ ಊದಾಬಣ್ಣವನ್ನು ಭಿನ್ನ ಬಣ್ಣವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲೇ ಅಸಾಧ್ಯವಿರುವಾಗ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಈ ವರ್ಣಭೇದವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ವರ್ಣಪಟಲವೆಂದು ಕರೆದನು. ಇದು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಅಪಾರ ಪ್ರತಿಭೆಗೆ ಸಾಕ್ಷಿ. ಬಿಳಿ ಬಣ್ಣವು ವರ್ಣಪಟಲದ ಈ ಬಣ್ಣಗಳಿಂದಾಗಿದೆಯೆಂದೂ ಪಟ್ಟಕದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನೇರಳೆ ವರ್ಣವು ಅಧಿಕವಾಗಿಯೂ, ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವು ಕನಿಷ್ಟವಾಗಿಯೂ ಬಾಗುವುದೆಂದು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಾನೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪ್ರತಿ ಬಣ್ಣವೂ ಪಟ್ಟಕದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬಾಗುವುದರ ಮೂಲಕ ತನ್ನ ವಿಭಿನ್ನ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ. 14 ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಪಟ್ಟಕದ ಪ್ರಯೋಗ. ವರ್ಣಪಟಲದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವರ್ಣದ ಕಿರಣವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗಾಜಿನ ಪಟ್ಟಕದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿಯೇ ಬಾಗುವುದು ಎಂದು ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗ

ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನನು S ತೆರೆಯಮೇಲೆ ಒಂದು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಮಾಡಿ, ಈ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಅದನ್ನು ಅನುಕೂಲ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಡುವುದರಿಂದ ವರ್ಣಪಟಲದ ಒಂದೇ ಬಣ್ಣ ಕಿರಣವು ಈ ರಂಧ್ರದ

ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಈ ಕೆಂಪು ಕಿರಣವು ಇನ್ನೊಂದು ಪಟ್ಟಕದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋದಾಗ ಮಾಡಿದ ಅಳತೆಗಳು ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸಿದ್ದಲ್ಲದೆ, ಮೊದಲಿನ ಪಟ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಬಾಗಿದಷ್ಟೆ ಎರಡನೆಯ ಪಟ್ಟಕದಲ್ಲೂ ಬಾಗಿತು. ಅನುಕೂಲ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ S ತೆರೆಯ ರಂಧ್ರವನ್ನು ತರುವುದರಿಂದ ಇತರ ವರ್ಣಗಳು ಇದೇ ನಿಯಮಕ್ಕೊಳ ಪಡುತ್ತವೆಯೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬಹುದು. ವರ್ಣಪಟಲದ ವಿಭಿನ್ನ ವರ್ಣಗಳಿಗಿರುವ ನಿಜವಾದ ಭೌತಿಕ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು 'ಬಾಗುವಿಕೆ'ಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಬಹುದು.

ನ್ಯೂಟನ್ನನಿಗಿಂತ ಮುಂಚೆ ಬಿಳಿಯ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಬಹಳ ಸರಳ ವರ್ಣವೆಂದೂ, ಇತರ ವರ್ಣಗಳು ಸಂಯುಕ್ತವರ್ಣಗಳೆಂದೂ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಪಡುತ್ತಿದ್ದರು. ನ್ಯೂಟನ್ನನು, ಬಿಳಿಯ ಬಣ್ಣ ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತವರ್ಣವೆಂದೂ ಈ ಬಿಳಿಯ ಬಣ್ಣವು ವರ್ಣಪಟಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವರ್ಣಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಿಂದ ಆಗಿದೆಯೆಂದೂ, ಈ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದೆಂದೂ ತೋರಿಸಿದನು. ಅಂದರೆ ಈಗ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಬಣ್ಣದ ವಸ್ತು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಕೆಂಪು ಕಂಬಳಿ) ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವಾಗಿ ಕಾಣಲು ಕಾರಣ ಅದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಬಿಳಿ ಬಣ್ಣದ ಜೊತೆಗೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣ ಸೇರಿದೆಯೆಂದಲ್ಲ, ಆದರೆ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವೊಂದನ್ನುಳಿದು ವರ್ಣಪಟಲದ ಇತರ ಎಲ್ಲ ವರ್ಣಗಳನ್ನೂ ಈ ಕೆಂಪು ಕಂಬಳಿ ಹೀರಿ, ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವುದರಿಂದ ಎಂದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಹಳದಿ ಮತ್ತು ನೀಲಿ ಮುಲಾಮನ್ನು ಬೆರಸಿದಾಗ ಹಸಿರು ಬಣ್ಣ ಬರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಮುಲಾಮು ವರ್ಣಪಟಲದ ಶುದ್ಧ ಹಳದಿ ವರ್ಣವಲ್ಲ. ಇದು ಹಳದಿ ಮತ್ತು ಪಕ್ಕದ ಹಸಿರು ವರ್ಣದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನುಳಿದ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲ ವರ್ಣಪಟಲದ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನೂ ಹೀರಿಕೊಂಡು ಬಿಡುತ್ತದೆ. ನೀಲಿಯು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೀಲಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಹಸುರಿನ ಸ್ವಲ್ಪಭಾಗವನ್ನುಳಿದು ಇತರ ವರ್ಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಹೀರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈಗ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಹೊರತು

ಮಿಶ್ರಣದ ಇನ್ನೆಲ್ಲ ಬಣ್ಣವನ್ನೂ ಹೀರಿರುವುದರಿಂದ ಹಳದಿ, ನೀಲಿ ವರ್ಣಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಣಮಾಡಿದಾಗ ಹಸಿರು ಬಣ್ಣ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಎಂದಾಯಿತು. ಒಂದು ಕೆಂಪು ಹೂವನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದಾಗ ವರ್ಣಪಟಲದ ನೀಲ ವರ್ಣದ ಭಾಗವನ್ನೆಲಾ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಕೆಂಪು ಹೂವು ಕಪ್ಪಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಬಿಳಿಯ ಬಣ್ಣದಿಂದ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಸ್ವಭಾವವಿರುವ ವರ್ಣಗಳಿಗೆ 'ವ್ಯವಕಲನ ವರ್ಣ' (subtraction colour) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಹಳದಿ ವರ್ಣದ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವನ್ನೂ, ನೀಲಿ ವರ್ಣದ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವನ್ನೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಬಿಳಿಯ ಹಾಳೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ 'ವರ್ಣಸಂಕಲನ' (addition colour) ವಾಗಿ ಬಿಳಿಯ ವರ್ಣವೇ ಪ್ರಧಾನವಾಗಿ ಕಾಣಿಸುವುದು. ಹಸಿರು ವರ್ಣದ ಸುಳಿವೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಬಿಳಿಯ ವರ್ಣದಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗದ ಬಿಳಿಯ ವರ್ಣದಲ್ಲಿ ವರ್ಣಪಟಲದ ಎಲ್ಲ ವರ್ಣಗಳು ಅಡಗಿವೆ ಎನ್ನುವುದೂ ಮತ್ತು ಕಿತ್ತಲೆ ಮತ್ತು ನೀಲಿಯಂತಹ ಎರಡು ವರ್ಣಪಟಲದ ವರ್ಣಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ಈ ಬಿಳಿಯ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದೆನ್ನುವ ಸಂಗತಿಯು ಬಹಳ ಸೋಜಿಗವಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ವರ್ಣಗಳನ್ನು 'ಪೂರಕ ವರ್ಣ' (complementary colour) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸುವ ಅನೇಕ ವರ್ಣಗಳು ವರ್ಣಪಟಲದ ಶುದ್ಧ ವರ್ಣಗಳಲ್ಲ. ಹೂವಿನ ಹಳದಿ ಬಣ್ಣವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಹಸಿರು ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಕೆಂಪು ಅಥವಾ ಕಿತ್ತಲೆ ಬಣ್ಣದ ಸಂಕಲನದಿಂದ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ವಿವಿಧ ಕೆಂಪುವರ್ಣವು ವರ್ಣಪಟಲದ ಕೆಂಪು, ಕಿತ್ತಲೆ ಮತ್ತು ಹಳದಿ ವರ್ಣ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣದೊಂದಿಗೆ ಯವವೊಂದರಲ್ಲಾಗುವ ವಕ್ರೀಭವನದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದೆಂದು ಪಟ್ಟಕದ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದು ಬಿಳಿಯ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ

(ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಪ್ರಕಾಶವಾದ ಬಿಳಿಯ ಹಾಳೆಯ ಚೂರಿನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಕ್ಕೆ) ಈ ರೀತಿಯ ಯವದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದಾಗ ಇಕ್ಕಟ್ಟಾದ ವರ್ಣಕೊನೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ನ್ಯೂನತೆಯನ್ನು 'ವರ್ಣವಿಪಥನ' (chromatic aberration) ಅಂದರೆ ವರ್ಣಗಳ ಅಲೆದಾಟ ಎನ್ನುವರು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಗಾಜುಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ಯವಗಳಿಂದ ಈ ನ್ಯೂನತೆಯಿಂದ ದೂರವಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ಯವಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಇವನ್ನು 'ಅವರ್ಣಕ' (achromatic) ಅಂದರೆ ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲದ ಯವಗಳೆನ್ನುವರು. ಒಳ್ಳೆಯ ಕ್ಯಾಮರಾಗಳ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಭವನ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಯವಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಪ್ರತಿಫಲನ ದರ್ಪಣಗಳು ಈ ನ್ಯೂನತೆಯಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ದೂರವಾಗಿವೆ. ಎಲ್ಲ ವರ್ಣಗಳೂ ಒಂದೇ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತವೆ. ಸರಳ ಯವಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ಣ ವಿಪಥನ ವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿದೇ ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಪ್ರತಿಫಲನ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಖಗೋಳಿಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಈಗಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನೀರಿನ ತುಂತುರಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಮೋಡದಿಂದ ಬರುವ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಿರುವುದರಿಂದಲೇ ಕಾಮನಬಿಲ್ಲಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಕಾಮನಬಿಲ್ಲನ್ನು ನೋಡುವಾಗ ನಮ್ಮ ಬೆನ್ನು ಸೂರ್ಯನ ಕಡೆಗಿರಬೇಕು. ನೀರಿನ ಹನಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣವು ಒಳಹೊಕ್ಕಾಗ ಹನಿಯ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಭವನವಾಗಿ ವರ್ಣವಿಭಜನೆಯಾಗಿ, ಹನಿಯ ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಂಡು ಹೊರಬರುವಾಗ ಪುನಃ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ವರ್ಣ ವಿಭಜನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಭಜನೆ ಗಳಿಂದಲೂ ಗಾಜಿನ ಎರಡು ಪಟ್ಟಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಹೊಕ್ಕು ಮತ್ತು ಹೊರಬಂದು ವಿಭಜನೆಯಾದಾಗ ಗೋಚರಿಸುವ ವರ್ಣಗಳೇ ಗೋಚರಿಸುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯನ ಪ್ರಕಾಶವಿರುವ ಶುಭ್ರಾಕಾಶದ ದಿನ ಸೂರ್ಯನ ಕಡೆಗೆ ಬೆನ್ನುಮಾಡಿ ನಿಂತು ಗಾಳಿಗೆ ನೀರನ್ನು ಎರಚಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ತುಂತುರು ಹನಿಗಳಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ

ಈ ಹನಿಗಳ ಮೂಲಕ ಕಾಮನಬಿಲ್ಲಿನ ವರ್ಣಗಳನ್ನೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಕೃತಕ ಕಾಮನಬಿಲ್ಲನ್ನು ಮಾಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ವರ್ಣಪಟಲದ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳಿಗಿರುವ ಭೌತ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನು? ಬೆಳಕು ತರಂಗ ಚಲನೆ; ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವರ್ಣಗಳು ಅವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ತರಂಗಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆಂದರೆ ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಇರುತ್ತದೆ ಅಥವಾ ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ಚಲನಸ್ಥಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತರಂಗವಿದ್ದು ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕಾರ್ಕಿನ ತುಂಡು ತೇಲುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಆ ತುಂಡು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಕೆಳಗಿನ ಚಲನೆಯಿರುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ಅದು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದು ಉದ್ದನೆಯ ದಾರವನ್ನು ಆಧಾರಕ್ಕೆ ಬಿಗಿದು ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ದಾರವನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಅಲ್ಲಾಡಿಸಿದರೆ, ನಿರಂತರ ಏರಿಳಿತಗಳು ದಾರದುದ್ದಕ್ಕೂ ಓಡುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ದಾರವು ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರತಿ ಉನ್ನತ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯು ಆರಂಭವಾದ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನ ಮೇಲೆ ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಏರಿಳಿತಗಳು ಓಡುತ್ತವೆಯಾಗಲಿ ದಾರ ಅಥವಾ ದಾರದ ಯಾವ ಭಾಗವೂ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಏರಿಳಿತಗಳು ಬಂಧಿಸಿರುವ ತುದಿಯನ್ನು ತಲುಪುವ ಮೊದಲೆ ದಾರವನ್ನು ಅಲ್ಲಾಡಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ಏಕೆಂದರೆ ತುದಿಯನ್ನು ತಲುಪಿದ ತಕ್ಷಣ ತರಂಗಗಳು ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಸಮಸ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಮಚಲನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಿಗಿರುವ ಅಂದರೆ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಏರು ಅಥವಾ ಇಳಿತಗಳಿರುವ ದೂರವನ್ನು 'ತರಂಗ ದೂರ' (wave length) ಎನ್ನುವರು. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ

ಎಷ್ಟು ಸಲ ಅಲ್ಲಾಡಿರುತ್ತದೆಯೋ ಅಂದರೆ ದಾರ ಹಿಡಿದಿರುವ ಕೈಯನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಸಲ ಅಲ್ಲಾಡಿಸುತ್ತೇವೆಯೋ ಅದನ್ನು 'ಆವರ್ತ' (frequency) ಎನ್ನುವರು. ದಾರದ ಮೇಲೆ ಈ ಏರಿಳಿತಗಳ ಓಟದ ದರವನ್ನು 'ತರಂಗ ವೇಗ' (wave velocity) ಎನ್ನುವರು.

ಈ ತರಂಗ ಚಲನೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದಾದುದರಿಂದ ಇದನ್ನೆ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಭುಜಕ್ಕೆ ಭುಜ ತಾಗಿಸಿ ಸಾಲಾಗಿ ಕವಾಯಿತು ಮಾಡಲು ನಿಂತಿರುವಾತ ತನ್ನ ಬಲಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವವನಿಗೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಾಗಿ ಅವನ ಹಾಗೆಯೇ ನಿಲ್ಲಬೇಕು. ಹೀಗೆ ನಿಂತಿರುವಾಗ ಬಲತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದೆ ಬಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನು, ಒಬ್ಬನಿಗೊಬ್ಬನಿಗೆ ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ಕಾಲಾವಕಾಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದಿಡುತ್ತಾನೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಒಂದು ಅಲೆ ಓಡಿದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಬಲತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸಿದರೆ ಅವನ ಪಕ್ಕದ ಪ್ರತಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡೂ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಾನೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಅಲೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಸಾಲಿನುದ್ದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಆವರ್ತ, ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಒಂದು ಸಲ, ಮತ್ತು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಉನ್ನತ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ, ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳಿಗಿರುವ ದೂರವೇ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯು ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುವುದು ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಭೌತತರಂಗದಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯು ಕಣದಿಂದ ಕಣಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಭೌತಿಕ ಬಲದಿಂದ ವರ್ಗಾಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅದರ ಒಂದು ಕಣವು ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದನ್ನು ತಟಸ್ಥ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುವ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಬಲವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿದೆ. ಹೀಗೆ ಎಳೆದಾಗ ತಟಸ್ಥ ಸ್ಥಾನ ಮೀರಿ ಕಣವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಚಿಮ್ಮುವುದರಿಂದಲೂ, ಹೀಗೆಯೇ ಅನೇಕ ಬಾರಿ ಆಗುವುದರಿಂದಲೂ, ಲೋಲಕದ ಗುಂಡಿನಂತೆ ಕಂಪನ

ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಂಪನವು ತರಂಗವು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುವ ವರೆಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿರುವ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕಣ ದಾರದ ಬಿಂದು ಅಥವಾ ವ್ಯಕ್ತಿ ತರಂಗವು ಚಲಿಸುವ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ. ಇದನ್ನು 'ತಿರಿಯಕ್ ತರಂಗ' (transverse wave) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಅಂದರೆ ಅಡ್ಡ ಕಂಪನ ಎಂದರ್ಥ. ಇದಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ತರಂಗವಿದೆ. ಇದನ್ನು 'ಆಯಾಮಿ ತರಂಗ' (longitudinal wave) ಅಥವಾ ಉದ್ದ ಕಂಪನ ತರಂಗ ಎನ್ನುವರು. ಮೇಲೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿರುವ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಲಾಗಿ ಭುಜಕ್ಕೆ ಭುಜ ತಾಗಿಸಿ ನಿಲ್ಲುವ ಬದಲಾಗಿ ಕೈಗಳಲ್ಲಿ ಭುಜ ಹಿಡಿದು ಒಬ್ಬನ ಹಿಂದೆ ಒಬ್ಬನು ನಿಂತು ಕೊನೆಯ ವ್ಯಕ್ತಿ ತನ್ನ ಮುಂದಿರುವವನನ್ನು ಎಳೆಯುವುದನ್ನು ನೂಕುವುದನ್ನು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಪೂರ್ತಿ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಚಲನೆಯು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಗದಿಯಾದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಗುಂಪುಗೂಡಿರುವ ಮತ್ತು ವಿರಳವಾಗಿರುವ ಸ್ಥಳಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ತರಂಗದ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತಾನೆ. ತರಂಗ ಚಲನೆಗೆ ಮೇಲೆ ಉದಾಹರಿಸಿದುದಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಉತ್ತಮ ಉದಾಹರಣೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯು ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ತಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು ಎಳೆಯುವುದರಿಂದ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಭೌತಿಕ, ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವವೇ ಮೇಲುಗೈಯಾಗಿದೆ. ಇದು ಆಯಾಮಿ ತರಂಗ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಸೂಕ್ತ ಉದಾಹರಣೆ. ಶಬ್ದ ತರಂಗಗಳು ಈ ಜಾತಿಗೆ ಸೇರಿದವು. ಇಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅತಿಸಾಂದ್ರತೆಯ ಅಥವಾ ಅತಿ ವಿರಳ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳಿಗಿರುವ ದೂರವೇ ತರಂಗದೂರ. ಈ ಆಯಾಮಿ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅಡ್ಡಡ್ಡವಾಗಿರುವ ಕಂಪನದ ನಡುವಿನ ಬಲ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲ. ಇದು ವರ್ಗಾಯಿಸುವ ರೀತಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ತೊಡಕಾದುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಗಣಿತದ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆ ವಿವರಣೆ

ಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲ ತರಂಗದೂರಗಳ ಚಲನವೇಗವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ಸಾಧಾರಣ ಬಳಕೆಯಾಗಿರುವ ವೇಗಗಳಿಗಿಂತ ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಅಂದರೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 1,86,000 ಮೈಲಿ. ಈ ವೇಗದ ಬೆಳಕು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಟ 8 ನಿಮಿಷಗಳಿಗೆ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಈ ವೇಗದ ಅರಿವಾಗಬಹುದು. ವರ್ಣಪಟಲದ ಬಣ್ಣಗಳು ಅವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರದಿಂದಲೇ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ತರಂಗದೂರವು ಕಾಣಿಸುವ ಬೆಳಕಿಗೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಅಂದರೆ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಅಂಗುಲದ 3·1 ಕೋಟಿಯ ಒಂದಂಶ. ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣದ ತರಂಗದೂರ 1·6 ಕೋಟಿಯ ಒಂದಂಶ. ಇಷ್ಟು ವೇಗದ ಮತ್ತು ಇಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ತರಂಗದೂರದ ಆವರ್ತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು. ವರ್ಣಪಟಲದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಕಿತ್ತಲೆ, ಹಳದಿ ಇವುಗಳು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 60 ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಸಲ ಕಂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ತರಂಗ ಸ್ವಭಾವದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದು. ಈ ಸಮರ್ಥನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೂ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾದುದರಿಂದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ದೂರಗಳನ್ನೇ ಪರಿಗಣಿಸ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬಹಳ ತೆಳುಪದರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಬಣ್ಣಗಳಿಂದ ಅಂದರೆ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಹರಡಿರುವ ಎಣ್ಣೆಯ ತೆಳುಪದರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಅಥವಾ ಸೋಪಿನ ಗುಳ್ಳೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವರ್ಣಗಳಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಸ್ವಭಾವ ಚೆನ್ನಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೆಳುಪದರಗಳು ಕೆಲವು ತರಂಗದೂರಗಳ ದಪ್ಪವಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಅವುಗಳ ದಪ್ಪ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಅಂಗುಲದ ಹತ್ತುಸಾವಿರದ ಒಂದಂಶ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ತರಂಗಗಳು ತೆಳುಪದರದ ಮುಂಭಾಗ ಮತ್ತು ಹಿಂಭಾಗ ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈ ಯಿಂದಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಫಲನವಾಗುವ ಎರಡು ಅಲೆಗಳು, ಅವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಸರಿಯಾಗಿ ಒಂದರ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಅಥವಾ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತೊಡರಿಕೊಂಡು ತಲಪುತ್ತವೆ. ಅವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತೊಡರಿಕೊಂಡರೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಭಾಗಶಃ ತೊಡರಿದಾಗ ಒಂದನ್ನಿನ್ನೊಂದು

ದುರ್ಬಲಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗದೂರದ ಅಭಾವದಿಂದ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು ಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೆಳು ಪದರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರತಿಫಲನ ವ್ಯೂಹಗಳ ಪಥದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಪ್ರತಿಫಲನ ಕೋನವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಎಣ್ಣೆಯ ತೆಳುಪದರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವರ್ಣಗಳು ನಾವು ನಿಂತು ನೋಡುವ ಕೋನವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತವೆ.

ತರಂಗದೂರದಲ್ಲಿ ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಿರುವ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದ ತರಂಗಗಳು ಎಲ್ಲೋ ಒಂದಂಶ ಮಾತ್ರ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಕಾಣಿಸುವ ಕೆಂಪುವರ್ಣದಿಂದಾಚೆಗೆ ಅಗೋಚರವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪು ಅಲೆಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗದೂರ ಗೋಚರವರ್ಣಗಳ ತರಂಗದೂರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿಂದಾಗುವ ಉಷ್ಣಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಹುದು. ಒಂದು ಕೆಂಪಗೆ ಕಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡು ಗೋಚರ ಕೆಂಪುವರ್ಣದ ಅಲೆಗಳನ್ನೂ ಅಗೋಚರ ವರ್ಣಾತೀತ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಕಾದ ಕಬ್ಬಿಣವು ಕತ್ತಲಲ್ಲಿ ಕೆಂಪುಬಣ್ಣ ಕಾಣದಿರುವಷ್ಟು ತಂಪಾದ ಮೇಲೂ ವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿರುವ ಕೆಟಲ್ ಸಹ ವರ್ಣಾತೀತ ವಿಕಿರಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಟಲನ್ನು ಎತ್ತಿಹಿಡಿದು, ಹಲವು ಅಂಗುಲಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕೆಟಲಿನ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕೈ ಇಟ್ಟರೆ ಕೈಗೆ ಶಾಖ ತಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಕೆಟಲನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿದಿರುವುದರಿಂದ ಸಂವಹನದಿಂದ ಏರುತ್ತಿರುವ ಬಿಸಿಗಾಳಿಯಿಂದ ಕೈಗೆ ಶಾಖ ತಟ್ಟುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಶಾಖವು ಅಗೋಚರ ವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪು ಅಲೆಗಳದೇ ಎಂದಾಯಿತು.

ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತದೆ. ಮೊದಲು ವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪು ಅಲೆಗಳನ್ನೂ ಗೋಚರ ಕೆಂಪು ಅಲೆಗಳೂ ಜೊತೆಗೂಡುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ, ವರ್ಣಪಟಲದ ಇತರ ಭಾಗಗಳಿಂದಲೂ ಕಡಿಮೆ ತರಂಗದೂರ ಅಲೆಗಳೂ ಸೇರಿ, ಸೂರ್ಯನ ಶಾಖದಷ್ಟು ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು ಬರಲು ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ.

ವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪುವರ್ಣದ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗದೂರವಿರುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಸರಣೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಕೆಲವು ರೀತಿಯ ಪ್ರಸರಣೆಗೆ ಅಂದರೆ ರೇಡಿಯೋ ಮತ್ತು ಟಿಲಿವಿಷನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗದೂರ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಪಲವು ಸಾವಿರ ಗಜಗಳೂ, ಹಲವು ನೂರು ಗಜಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ರೆಡಾರ್‌ನಲ್ಲಿ ಹಲವು ಅಂಗುಲಗಳ ತರಂಗದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಈ ತರಂಗದೂರಗಳ ನಡುವಿನ ಬಿರುಕನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಸೇರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ಣಾತೀತ ಕೆಂಪಿನ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತರಂಗದೂರವಾದ ಒಂದಂಗುಲದ ನೂರನೇ ಒಂದರಷ್ಟು ತರಂಗದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಗೋಚರ ವರ್ಣಪಟಲದ ಹ್ರಸ್ವತರಂಗದ ಇನ್ನೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೊದಲಲ್ಲಿರುವುದು ವರ್ಣಾತೀತ ನೇರಳೆ. ಇದು ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡುವುದಲ್ಲದೆ ಫೋಟೋಗ್ರಾಫ್ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವುವು. ಈ ವರ್ಣಾತೀತ ನೇರಳೆಯ ಅಲೆಗಳೇ ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಸುಡಲು ಕಾರಣವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ತರಂಗದೂರ ಒಂದಂಗುಲದ ಲಕ್ಷದ ಒಂದಂಶ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿರಬಹುದು. ವರ್ಣಾತೀತ ನೇರಳೆಯಿಂದಾಚೆಗೆ X—ಕಿರಣಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಕಡಿಮೆ ತರಂಗದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯಂ ಬಿಟ್ಟು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗದೂರ ಒಂದಂಗುಲದ ಸಾವಿರಕೋಟಿಯ ಒಂದಂಶದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ.

ಅಂದರೆ ಈಗ ಈ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೂ, ಹ್ರಸ್ವ ಮತ್ತು ದೀರ್ಘ ತರಂಗದೂರಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಸಾವಿರ ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಕೋಟಿಗಳಷ್ಟು. ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ಗುಣವಿಶೇಷಗಳು ಅಣು ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯೊಡನೆ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧ ಪಡೆದಿವೆ. ದೀರ್ಘತರಂಗಗಳ ಗುಣವಿಶೇಷಗಳು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಸಾಧಾರಣ ನಿಯಮಗಳಿಗೊಳಪಟ್ಟಿವೆ.

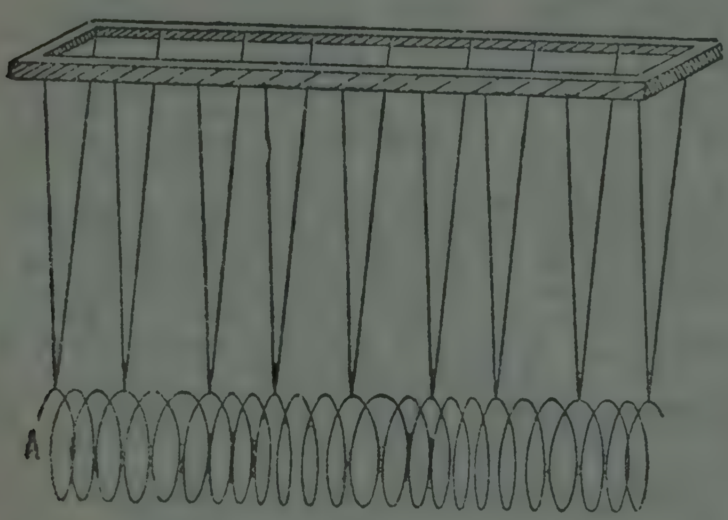
# 5

## ಶಬ್ದ

ಕಿವಿಯು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ಶಬ್ದವು ಅಲೆಗಳು ಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸರಿಸುವ ಅಲೆಗಳ ಪರಿಣಾಮ. ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳಿಂದೊಡಗೂಡಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲೂ ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಶಬ್ದಪ್ರಸರಣಕ್ಕೆ ಅನಿಲ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಘನ, ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಸ್ತು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ಅಕಸ್ಮಾತ್ ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಇಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಕಾಣುವಷ್ಟು ಚಂದ್ರನ ಒಂದಂಶವೇ ಚೂರುಚೂರಾಗಿ ಸಿಡಿಯುವಷ್ಟು ಭಾರಿಯಾದ ಆಸ್ಫೋಟನವಾದರೂ, ನಮಗೆ ಏನೂ ಕೇಳಿಸದೇನೇ ಇರಬಹುದು. ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಬಾಯ್ಲೆ ಶಬ್ದವು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಲಾರದೆಂದು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ್ದನು. ಸೂಕ್ಷ್ಮದಾರವೊಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ತೂಗುಹಾಕಿ, ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿ ಅದರಿಂದ ಗಾಳಿಯೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಹೊರತೆಗೆದರೆ ಗಡಿಯಾರದ ಶಬ್ದ ಕೇಳಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದೂ, ಗಾಳಿ ತೆಗೆಯದಿದ್ದರೆ ಕೇಳಿಸುವುದೆಂದೂ ತೋರಿಸಿದನು. ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದು ಗಂಟೆಯನ್ನು ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು ಇದೇ ಪರಿಣಾಮವಾಗುವುದೆಂದು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದನು.

ತಿರಿಯಕ್ (ಅಡ್ಡ) ಅಲೆಯು ಅನಿಲ ಅಥವಾ ದ್ರವದಲ್ಲಿರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಡ್ಡಡ್ಡವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತು ಅಥವಾ ವಸ್ತುವಿನ ಭಾಗವನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಯಾವ ಬಲಗಳೂ ಇಲ್ಲ. ಅದರ ಸಂಕೋಚನ ಮತ್ತು ವಿಕಸನಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಸಾಧ್ಯ.

ಶಬ್ದದ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯ ಸಂಕೋಚನ ಮತ್ತು ವಿಕಸನಗಳೇ ನಡೆಯುವುದು. ದ್ರವ ಮತ್ತು ಘನ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಕೋಚನ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ್ದು. ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ತನ್ನ ತಲೆಯನ್ನು ನೀರಿನೊಳಗೆ—ಸಮುದ್ರ, ನದಿ ಅಥವಾ ಸರೋವರದೊಳಗೆ—ಮುಳುಗಿಸಿ ಶಬ್ದಮಾಡಿದಾಗ ನೀರಿನಲ್ಲಾಗುವ ದೂರ ಅಲೆಗಳ ಅಡಚಣೆ ಸಹ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕೇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಶಬ್ದವು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ದೂರದಲ್ಲಿ ಕುದುರೆಗಳು ಓಡುತ್ತಿರುವ ಶಬ್ದವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಳುವುದಕ್ಕಿಂತ ಜೋರಾಗಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಕಿವಿಗೊಟ್ಟಾಗ ಕೇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲೂ ಶಬ್ದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದ ಹಾಗಾಯಿತು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಮಗೆ ಕೇಳಿಸುವ ಶಬ್ದವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಯಾಮಿ ತರಂಗ. ಅಂದರೆ ಅಲೆ ಚಲಿಸುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಕಂಪಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಹೇಗಾಗುವುದೆಂಬ ಸ್ಪಷ್ಟಚಿತ್ರವು ಚಿತ್ರ 15 ರಿಂದ ದೊರಕುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ 15. ಶಬ್ದದ ಅಲೆಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಸುರುಳಿಯ ಜೋಡಣೆ

ಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಉದ್ದ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ, ಅಲ್ಲಾಡಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವಂತೆ, ತೆಳುವಾದ ದಾರದಿಂದ ಹಲವು ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಎಳೆದು ಬಂಧಿಸಿದೆ (ಚಿತ್ರ 15). A ತುದಿಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಎಳೆದರೆ ಸುರುಳಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂಕುಚಿಸಿ, ಈ ಸಂಕೋಚವೇ ಸುರುಳಿಯುದ್ದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ತಂತಿ ಎಳೆದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ

ಹಲವು ವಿಕೋಚನ ಭಾಗವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಮಾಮೂಲಿಗಿಂತ ಒತ್ತಡ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಇರುವ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿರುವ ಭಾಗಗಳಿರುತ್ತವೆ. ನಿರಂತರ ಅಲೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ ಸುರುಳಿಯ A ತುದಿಯನ್ನು ಅದರ ಉದ್ದದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹಿಂಪಕ್ಕೆ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ಆಂದೋಳನ ಸುರುಳಿಯ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ ಶಬ್ದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ. ಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ಅವು ಪ್ರಯಾಣಮಾಡುವ ವೇಗ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಗಾಳಿಯ ತಾಪವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ವೇಗವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. 80° ಫಾರನ್ ಹೀಟ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಣಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಶಬ್ದದ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 1141 ಅಡಿ. ನೀರು ಘನೀಭವಿಸುವ ಅಂದರೆ 32° ಫಾರನ್‌ಹೀಟ್‌ನಲ್ಲಿ (0° ಸೆ.) ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 1087 ಅಡಿ. ಗುಡಗು ಕೇಳಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಮಿಂಚು ಕಾಣಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಇರುವ ವೇಳೆಯ ಅಂತರವನ್ನು ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆದು, ಅದನ್ನು 1100 ರಿಂದ ಗುಣಿಸುವುದರಿಂದ ಶಬ್ದ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದ ದೂರವನ್ನು ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಅಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ 5 ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ವೇಳಾಂತರವು 5500 ಅಡಿ ಅಥವಾ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮೈಲಿ ದೂರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಶಬ್ದವು ಗಾಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವಾಗಿ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯಾಣಮಾಡುತ್ತದೆ. ದಿನಬಳಕೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಅದರ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 4620 ಅಡಿಗಳು. ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಶಬ್ದದ ವೇಗ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು. ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತಾಮ್ರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಉದ್ದ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 13,000 ಅಡಿಗಳು. ಭೂಮಿಯ ಮೂಲಕ ಶಬ್ದದ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 10,000 ಅಡಿಗಳಿಂದ 20,000 ಅಡಿಗಳವರೆಗೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ನೆಲ ಮೆದುವಾಗಿದೆಯೋ ಅಥವಾ ಖನಿಜದ ಅದುರುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿವೆಯೋ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನಂತೆಯೇ ಶಬ್ದದಲ್ಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ಶಬ್ದದ ಪ್ರತಿಫಲನವು ಸರಿಯಾಗಿ ಆಗುವುದಕ್ಕೆ, ಸಮತಟ್ಟಾದ ಮೇಲ್ಮೈ

ಅಡ್ಡಗೋಡೆ ಅಥವಾ ಬೆಟ್ಟದ ಪಾರ್ಶ್ವ ಹಲವು ಅಡಿಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಶಬ್ದದ ಪ್ರತಿಫಲನ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಹಲವು ಅಲೆಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಚಪ್ಪಾಳೆಯಂತಹ ಮೊನಚಾದ ಶಬ್ದವು ಚಪ್ಪಾಳೆ ಹೊಡೆದ ಹಲವು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಅನಂತರ ಪುನಃ ಕೇಳಿಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೆ ಪ್ರತಿಧ್ವನಿ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಈ ಶಬ್ದವು ಚಪ್ಪಾಳೆ ಹೊಡೆದ ಜಾಗದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಾಕಿ ವಾಪಸು ಬರುವಷ್ಟು ದೂರ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಲು ಶಬ್ದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವೇ ಈ ವೇಳೆಯ ಅಂತರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಳೆಯನ್ನು ಶಬ್ದದ ವೇಗದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದ ದೂರ 550 ಅಡಿಯಾದರೂ ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಚಪ್ಪಾಳೆ ಹೊಡೆಯುವ ಮನುಷ್ಯ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ 550 ಅಡಿ ದೂರದಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂದಾಯಿತು.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಶಬ್ದದ ಪ್ರತಿಫಲನವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಸಮುದ್ರದ ಆಳವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ದಾರಕ್ಕೆ ಭಾರವಾದ ಗುಂಡನ್ನು ಕಟ್ಟಿ ಆಳವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತಿದ್ದರು. ಹಡಗು ಟೊಳ್ಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ತೇಲುತ್ತಿರುವಾಗ ಸಮುದ್ರದ ಆಳವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಮತ್ತು ಜಾಗ್ರತೆಯಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಹಡಗಿನ ಮುಂಭಾಗದ ತಳದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಹಳ ಚುರುಕಾಗಿ ಶಬ್ದ ಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಜೋಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಶಬ್ದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದುದಕ್ಕೂ ಸಮುದ್ರದ ತಳದಿಂದ ಶಬ್ದವು ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ ಹಡಗಿನ ತಳವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕಾಲದ ಅಂತರವನ್ನು ಅಳೆದು ಆಳವನ್ನು ಕಳೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆಧುನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ $\frac{1}{20}$ ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಕಾಲವನ್ನು ಸಹ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಸಮುದ್ರದ ಆಳ 100 ಅಡಿಗಳಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೂ ಆಳವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಸಮುದ್ರದ ತಳದಲ್ಲಿನ ಆಘಾತಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ವಿಧಾನದಿಂದಲೆ ಈಜುತ್ತಿರುವ ಮೀನು ಸಮೂಹದ ದಪ್ಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮೀನುಗಳು ಮಾಡುವ ಶಬ್ದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಬ್‌ಮೆರಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಶಬ್ದದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಗುಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಮೇಲಿನ ಎಲ್ಲ ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲೂ, ಕೇಳಿಸದಿರುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಆವರ್ತದ ಶಬ್ದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಆವರ್ತ ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟು ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೊನಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಲು, ಗುರುತಿಸಲು ಆಧುನಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳು ಸಮರ್ಥವಾಗಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಇಲ್ಲ.

ಈಗ ನಾವು ಶಬ್ದದ ಅಲೆಗಳ ಆವರ್ತವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಆವರ್ತದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಿವಿಯು ತೀವ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಂತೆ ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ. ಸಂಗೀತದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶ್ರುತಿ ಅಥವಾ ಸ್ವರದ ಆಳ ಅಥವಾ ತೀವ್ರತೆಯು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಶ್ರುತಿ ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಆವರ್ತ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಕಡಿಮೆ ಶ್ರುತಿಯ ಶಬ್ದದ ಆವರ್ತವೂ ಕಡಿಮೆ.

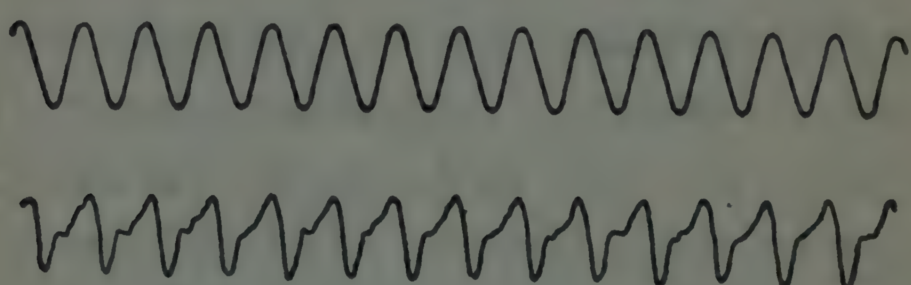
ಒಂದು ಬಾಚಣಿಗೆ ಅಥವಾ ಉಗುರು ಉಜ್ಜುವ ಅರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಗಟ್ಟಿ ದಾರವನ್ನು ಎಳೆಯುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆಯು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ದಾರವು ಹೆಚ್ಚು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದಷ್ಟೂ ಅಂದರೆ ದಾರವನ್ನು ಬಾಚಣಿಗೆಯ ಹಲ್ಲಿನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಲ ಎಳೆದು ವಾಪಸು ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿದಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚು ಶುತ್ರಿಯ ಶಬ್ದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಚಣಿಗೆಯ ಬದಲು ಹಲ್ಲುಗಳಿರುವ ಚಕ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮ ವಿಧಾನ. ಈ ಚಕ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ತಿರುಗಿಸುತ್ತಾ ಅದರ ಹಲ್ಲುಗಳಿಗೆ ಗಟ್ಟಿದಾರವೊ ಅಥವಾ ಲೋಹದ ತೆಳು ತಗಡೋ ತಾಕುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆ ಶ್ರುತಿಯ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಆಂದೋಳನದ ಆವರ್ತವನ್ನು ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಶಬ್ದಮಾಡುತ್ತಾ ಹಾರುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ದುಂಬಿಯು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಎಷ್ಟು ಸಲ ತನ್ನ ರೆಕ್ಕೆಯನ್ನು ಬಡಿಯುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನೂ ಈ ಚಕ್ರದ ತಿರುಗುವ ವೇಗವನ್ನು ದುಂಬಿಯ ಶ್ರುತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶ್ರುತಿ ಬರುವಂತೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸುವುದರಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಒಂದು ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಿನಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಳಾಂತರದಲ್ಲಿ ತೂತುಗಳಿರುವ ತಿರುಗುವ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಆವರ್ತವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಇನ್ನೊಂದು ಉತ್ತಮ ವಿಧಾನವಿದೆ. ಅದುವಿಟ್ಟ ಗಾಳಿಯು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಈ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವ ತಟ್ಟೆಯ ತೂತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋದಾಗ, ಗಾಳಿಯ ಅಲೆಗೆ ನಿಯೋಜಿತ ತಡೆಯುಂಟಾಗುವುದರಿಂದ ಸಂಗೀತ ಶ್ರುತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾವ ಶ್ರುತಿಯ ಆವರ್ತವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕೋ ಅದರ ಶ್ರುತಿಯನ್ನು ತಟ್ಟೆಯು ತಿರುಗುವ ವೇಗವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಅದೇ ಶ್ರುತಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಿ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಇಂತಹ ಉಪಕರಣ ಅಥವಾ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು 'ಸೈರನ್' ಎನ್ನುವರು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಆವರ್ತ ಅತ್ಯಧಿಕ ಅಥವಾ ಕನಿಷ್ಟವಾದಾಗ ನಮಗೆ ಶಬ್ದವು ಕೇಳಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಬೀಸಣಿಗೆ ಅಲ್ಲಾಡಿಸಿದಾಗ ಶಬ್ದ ಕೇಳ ಬರದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಆವರ್ತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದೇ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶಬ್ದದ ಅಲೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದರೂ, ಬೀಸಣಿಗೆಯ ಆವರ್ತವು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 20 ಸಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಕೇಳಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಸಂಗೀತ ಶ್ರುತಿಯ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆ ಅಂದರೆ ಧ್ವನಿ ಬಹಳ ಕೀರಲಾದರೆ ಕೆಲವರಿಗೆ ಕೇಳಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬಾವುಲಿಯ ಕೀರಲು ಕೂಗು ಕೇಳದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಇದೇ ಕಾರಣ. ಕೆಲವರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಕೇಳಬರುವುದ ರಿಂದ ಕೇಳಬರುವ ಶಬ್ದದ ಆವರ್ತದ ಮಿತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 20,000 ಆಂದೋಳನ ಗಳು (ಒಂದು ತುದಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ಪುನಃ ಅದೇ ಸ್ಥಳವನ್ನು ತಲುಪುವ ಚಲನೆ).

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸಂಗೀತದ ಶ್ರುತಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದ್ದಾಗಿರು ತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಸಂಗೀತದ ಶ್ರುತಿಯ ಅಳತೆಯ ಮಾನವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸು ತ್ತಾರೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವರ್ತದ ಶಬ್ದಗಳಿರುತ್ತವೆ. ವಿವಿಧ ವಾದ್ಯಗಳಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸ್ವಭಾವವು ಇರುವುದು ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವರ್ತಗಳಿಂದ ಅಂದರೆ ಮನುಷ್ಯನು ತಾನು ಕೇಳಿದ ಶಬ್ದವು ಗಂಟೆಯದೋ, ತಂತಿಯನ್ನು ಎಳೆದ

ಶಬ್ದವೋ ಅಥವಾ ಕೊಳಲಿನದೋ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವರ್ತಗಳೇ ಸಹಾಯ ಮಾಡುವುವು. ಇದನ್ನೇ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳ ಬಹುದು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶ್ರುತಿಗೆ, ಯಾವ ವಾದ್ಯದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಯಾದರೂ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅದರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಆಂದೋಳನದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡದ ಇಳುವರಿ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಶ್ರುತಿಕವೆಯು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟು ಶುದ್ಧ ಶ್ರುತಿಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆವರ್ತ ಮೂಲರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 16 ರಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧ ಶ್ರುತಿಗೂ, ಕೊಳಲಿನ ಶ್ರುತಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 16. ಮೇಲಿನದು ಶುದ್ಧ ಶ್ರುತಿಯ ಅಲೆ; ಕೆಳಗಿನದು ಕೊಳಲಿನಿಂದ ಬಂದ ಅದೇ ಆವರ್ತದ ಅಲೆ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ 'ಅನುರಣನೆ' (resonance) ಎನ್ನುವ ವಿಶೇಷ ಮಹತ್ವದ ಸಂಗತಿ ಇದೆ. ಶಬ್ದದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮತ್ತು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಶಬ್ದವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಒಂದು ಸಲಕರಣೆ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 700 ರಿಂದ 1000 ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಶ್ರುತಿಕವೆಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಸಲಕರಣೆ. ಈ ಶ್ರುತಿಕವೆಯನ್ನು ಬಡಿದು, ಒಂದು ಕಡೆ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಉದ್ದವಾದ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದರೆ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಕಾಣಬರದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದೇ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಗೆ ನೀರನ್ನು ಹಾಕಿ ಗಾಳಿಯ ಸ್ತಂಭವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಶ್ರುತಿಯು ಜೋರಾಗಿ ಕೇಳಿಸಲು ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರನ್ನು ಸುರಿಯುವುದರಿಂದ ಗಾಳಿಯ ಸ್ತಂಭದ ಉದ್ದವನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಅಳತೆಗೆ

ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಶ್ರುತಿಕವೆಗೆ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಉತ್ತರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಅನಂತರ ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡಡ್ಡವಾಗಿ ಗಾಳಿ ಊದುವುದರಿಂದ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಪನವನ್ನುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದರೆ ಆಗ ಶ್ರುತಿಕವೆ ಆವರ್ತದಲ್ಲೆ ಗಾಳಿಯ ಅಲೆಯೂ ಮಿಡಿಯುವುದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಗಾಳಿಯ ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ಕಂಪನವಾದಾಗ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶ್ರುತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವುದೆನ್ನುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅದೇ ಶ್ರುತಿಗೆ ಪ್ರಬಲ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಪರಿಣಾಮ ತೋರಿಸಲು ಇನ್ನೊಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಒಂದು ತಂತಿಯನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಕಟ್ಟಿ ಅಥವಾ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ವಾದ್ಯದ ತಂತಿಯನ್ನು ಮಿಡಿದು ಒಂದು ಶ್ರುತಿಕವೆಯ ಆವರ್ತವನ್ನೇ ಕೊಡುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಮಿಡಿಯುತ್ತಿರುವ ಶ್ರುತಿಕವೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ತಂತಿಯ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ತಂತಿಯು ಪ್ರಬಲ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಸರಳೋಪಾಯವೆಂದರೆ, ಕಾಗದದ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಚೂರನ್ನು ಇಂಗ್ಲೀಷಿನ 'V' ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಮಡಚಿ ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿ ತಂತಿಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ತಂತಿಯು ಶ್ರುತಿಕವೆಯ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಮಿಡಿದಾಗ ಕಾಗದದ ಚೂರು ಹಾರಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ತಂತಿಯ ಮತ್ತು ಶ್ರುತಿಕವೆಯ ಶ್ರುತಿ ಒಂದೇ ಆದಾಗ ಮಾತ್ರವೆ ಈ ಕಾಗದದ ಚೂರು ಹಾರಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಆವರ್ತದ ಎರಡು ಶ್ರುತಿಕವೆಗಳನ್ನು ಎರಡು ಮರದ ಡಬ್ಬಿಗಳ ಮೇಲೆ ಬಂಧಿಸಿ ಅವೆರಡನ್ನೂ ಒಂದೇ ಮೇಜಿನ ಮೇಲಿಟ್ಟು ಒಂದು ಶ್ರುತಿಕವೆಯನ್ನು ಬಡಿದು, ತಕ್ಷಣವೇ ಕಂಪನವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೂ ಅದೇ ಆವರ್ತದ ಇನ್ನೊಂದು ಶ್ರುತಿಕವೆ ಒಂದು ಸಲ ಆರಂಭವಾದ ಮೇಲೆ ಶಬ್ದ ಮಾಡುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಎರಡು ಶ್ರುತಿಕವೆಗಳ ಆವರ್ತ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕಾದುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅನುರಣನೆ ಎಂದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವು, ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಪ್ರಬಲ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವುದಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ, ಅದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದೊಡನೆ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು

ಹೇಳಬಹುದು. ಅಂತೆಯೇ ಇದು ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಕಂಪನಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ದಾರಕ್ಕೆ ತೂಕವನ್ನು ಕಟ್ಟಿ ನೇತು ಹಾಕುವ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಲೋಲಕವನ್ನು ಬಿಗಿದಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿದರೆ, ಬಲವಾದ ಆಂದೋಳನವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಸರಿಯಾಗಿ ಸೆಕೆಂಡೊಂದಕ್ಕೆ ಒಂದುಸಲ ತಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಆವರ್ತಕಾಲ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಸೆಕೆಂಡ್ ಲೋಲಕ ಎನ್ನುವರು.

ಮರದಿಂದ ಹಣ್ಣು ಉದುರಿಸುವವರು ಮರವನ್ನು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಾಡಿಸಿ ಕಂಪನವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಹಣ್ಣನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಉದುರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಕೆಲವು ಸೇತುವೆಗಳು ಮನುಷ್ಯನ ಹೆಜ್ಜೆಯ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಕಂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಸೇತುವೆಯ ಅಗಲಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತಿರುವ ಹಲವರು ನಡೆದರೆ ಸೇತುವೆಯು ಎಷ್ಟು ವೇಗವಾಗಿ ಕಂಪಿಸಲು ಮೊದಲಾಗುವುದೆಂದರೆ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಸೇತುವೆಯೇ ಮುರಿದು ಬೀಳಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ತಿರುಗಿಸಿ ಶಬ್ದವನ್ನುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದು ಅಂದರೆ ರೇಡಿಯೋದಿಂದ ಸಂಗೀತ ಅಥವಾ ಭಾಷಣವನ್ನು ಕೇಳುವುದು, ಅನುರಣನೆಗೆ ನಮಗೆಲ್ಲ ತಿಳಿದಿರುವ ಉದಾಹರಣೆ.

# 6

## ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತತ್ವ

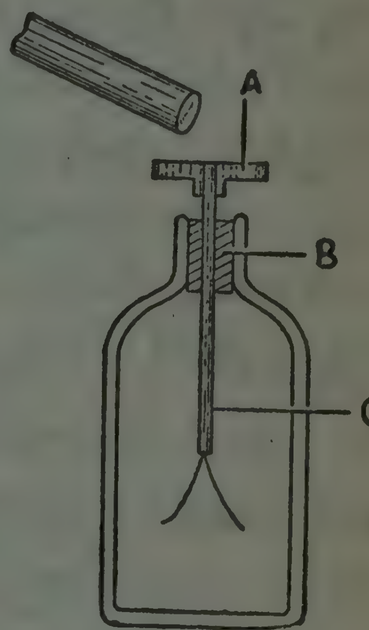
ಕರಾಬ ಮಣಿ ಅಥವಾ ಹವಳದ ಮಣಿಯಂತಹ ಹಲವು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಣ ಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ತಿಕ್ಕಿದಾಗ ಅವು ಹುಲ್ಲು ಅಥವಾ ಪುಕ್ಕದಂತಹ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವುದೆಂದು ಗಮನಿಸಿದುದೇ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ವೀಕ್ಷಣೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾನಂತರ ಮನುಷ್ಯನು ಇದನ್ನೇ ಹೆಚ್ಚು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಲು ಆರಂಭ ಮಾಡಿದನು. ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಕರಾಬ ಮಣಿಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇದರಿಂದಲೆ ಇಂಗ್ಲಿಷಿನ 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಸಿಟಿ' ಪದ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದಿರುವುದು. ಈಗ ಇವೇ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಎಬೊನೈಟ್, ಪಾಲಿಥೀನ್ ನಂತಹ ವಸ್ತುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಆಧುನಿಕ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ಗಳು, ಮತ್ತು ಗಾಜು ಇದೇ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಉಜ್ಜುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು 'ಘರ್ಷಣಾ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ' (frictional electricity), 'ಅಚಲ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ' (static electricity) ಎನ್ನುವರು. ಉಜ್ಜುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಂತೆ ಹರಿಯುವುದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ, ಇದನ್ನು 'ಅಚಲ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಅಚಲ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ರೀತಿಗಳಿವೆ. ಮರದ ಬೆಂಡಿನ ಚೆಂಡನ್ನು ಒಂದು ರೇಷ್ಮೆ ದಾರಕ್ಕೆ ಕಟ್ಟಿ ತೂಗುಹಾಕಿ ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಒಣಬಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಉಜ್ಜಿ ಬೆಂಡಿನ ಚೆಂಡಿನ ಹತ್ತಿರ

ಹಿಡಿದರೆ, ಈ ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದು ಚೆಂಡನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ರೇಷ್ಮೆದಾರ 'ಅವಾಹಕ' (insulator); ಅಂದರೆ ಇದು ತನ್ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಹರಿಯಗೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ತದ್ವಿರುದ್ಧ ಗುಣವು ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಲೋಹದ ತಂತಿ ತನ್ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಹರಿಯಗೊಡುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು 'ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ' (conductor) ಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿದ್ಯುದಾವರ್ತ ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಚೆಂಡನ್ನು ಅಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲಿ ಮುಟ್ಟಿ ಅನಂತರ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಚೆಂಡಿನ ಹತ್ತಿರ ಹಿಡಿದರೆ ಅದು ಚೆಂಡನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒಂದಂಶವನ್ನು ಚೆಂಡು ತೆಗೆದುಕೊಂಡುಬಿಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಉಜ್ಜಿ ಹಿಡಿದರೆ ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಚೆಂಡು ಪಡೆದ ವಿದ್ಯುತ್ ಈ ಗಾಜಿನ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಚೆಂಡನ್ನು ಕೈಯಲ್ಲಿ ಮುಟ್ಟುವುದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಿ—ನಮ್ಮ ದೇಹವು ತನ್ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಯಲು ಬಿಡುತ್ತದೆ—ಗಾಜಿನ ಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಪುನಃ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆಗ ಚೆಂಡು ವಿದ್ಯುತ್ತಿರುವ ಗಾಜಿನ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಬೊನೈಟ್ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದ ಗಾಜಿನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ 'ಧನವಿದ್ಯುತ್' (positive) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯೂ, ಎಬೊನೈಟ್‌ನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ 'ಋಣವಿದ್ಯುತ್' (negative) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ಅಂದರೆ ಎರಡು ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದಹಾಗಾಯಿತು. ಮೇಲಿನ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವು ಏಕರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆಂದೂ ಅನ್ಯರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆಂದೂ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. (ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ). ಇದು ಮೂಲ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲೊಂದಾದರೂ, ಎರಡು ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿವೆ ಎಂದು 1733 ರವರೆಗೂ ಯಾರೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಒಂದು ಸರಳ ಸಲಕರಣೆ 'ಚಿನ್ನದೆಲೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕ' (gold-leaf electroscope).

ಎರಡು ಚಿನ್ನದ ಎಲೆಗಳನ್ನು ಒಂದರಪಕ್ಕದಲ್ಲೊಂದು ತಾಗಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಹಿತ್ತಾಳೆಯ ಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ತೂಗಿಹಾಕಿರುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕ ಭಾಗ ಚಿನ್ನದೆಲೆಗಳಾದುದರಿಂದಲೇ ಇದನ್ನು ಚಿನ್ನದೆಲೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕ ಎನ್ನುವರು. ಚಿನ್ನವನ್ನು ಬಹಳ ತೆಳು ವಾದ ತಗಡಾಗಿ ತಟ್ಟಬಹುದಾದ್ದರಿಂದಲೇ ಇಲ್ಲಿ ಚಿನ್ನದೆಲೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಚಿನ್ನಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಬಹಳ ತೆಳುವಾದ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ತಗಡನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಹಿತ್ತಾಳೆ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಒಂದು ಅವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಿರಡೆಯ ಮೂಲಕ ಪಾತ್ರೆಯಿಂದ ಹೊರಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ (ಚಿತ್ರ 17). ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶವಿರುವ ಒಂದು ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಮೇಲ್ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಬಳಿ ಆಡಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಎಲೆಗಳೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಪಡೆದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಎಲೆಗಳ ವಿಕರ್ಷಣೆ ವಿದ್ಯುದಾವೇಗವು ಲೋಹಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದುದರ ಸಂಕೇತ.



ಚಿತ್ರ 17.
ಒಂದು ಸರಳ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕ

ವಿದ್ಯುತ್ ಇರುವ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ತಟ್ಟೆಗೆ ತಾಕಿಸದೆ ಅದರ ಹತ್ತಿರ ಆಡಿಸಿದರೆ, ಮುಂಚೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಗುಲಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಎಲೆಗಳೂ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಿಡಿಯುತ್ತವೆ. ಕಡ್ಡಿ ದೂರ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದರೆ ಪುನಃ ಒಂದನ್ನೊಂದು ತಬ್ಬಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು 'ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರತ್ವ' ಎನ್ನುವರು. ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಇರುವ ಕಡ್ಡಿಯು ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಎಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮ ಎಲೆಗಳ ವಿಕರ್ಷಣೆ. ಅಂದರೆ ಲೋಹವು ಸಮಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತೊಡೆದು ಹಾಕುವುದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಇರುವ ಕಡ್ಡಿ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ತನ್ನ ಹತ್ತಿರವಿರುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತದೆ

ಎಂದೂ, ದೂರಭಾಗಗಳಿಗೆ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ತಿರುವ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ತಟ್ಟೆಯ ಬಳಿ ತಂದಾಗಲೇ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಕೈನಿಂದ ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಪ್ರೇರಿತವಾದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ನಮ್ಮ ದೇಹದ ಮೂಲಕ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಆಗ ಎಲೆಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ತಬ್ಬಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಇದನ್ನು ಕಡ್ಡಿಯಲ್ಲಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಎಳೆದು ಹಿಡಿದಿರುತ್ತದೆ. ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ದೂರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೊರಟುಹೋದರೆ, ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ದುದ್ದಕ್ಕೂ ಪ್ರವಹಿಸಿ ಎಲೆಗಳನ್ನು ತಲುಪುವುದರಿಂದ ಪುನಃ ಅವು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದ-ವಾಹಕವನ್ನು ಸೇರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು, ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಕಡ್ಡಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿರೋಧ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಕೆಳಗೇ ಕಲಿತ ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳು ಮೊದಲಿಗೆ ಅಷ್ಟು ಮಹತ್ವದ್ದೆನಿಸದಿದ್ದರೂ, ಆಧುನಿಕ ಮುನ್ನಡೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಇದರ ಪಾತ್ರ ಬಹಳ ಹಿರಿದು. ಎಲ್ಲರೂ ಕೇಳಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶುದ್ಧ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣ; ಪ್ರೋಟಾನ್ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿದ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ. ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಈ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಜ್ಞಾನ ಅತ್ಯವಶ್ಯಕ.

ಈ ಎರಡು ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದಿಂದ ಮಾಡಿದ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಹರಿಸುವುದರಿಂದ—ಇದನ್ನು ವ್ಯಾಂಡರ್ ಗ್ರಾಫ್ ಯಂತ್ರ ಎನ್ನುವರು—ಹತ್ತಾರು ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಈಗ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಮೊನೆಯಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಲೋಹದ ಮೊನೆಯಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಮೆಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಯಲ್ಲಿ ಐವತ್ತು ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ ಅಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು

ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕವಿದೆ. ಗುಡುಗಿನ ಮೋಡಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ, ಈ ಅಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಬಹಳ ಹಿರಿದಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಿದೆ. ಮೋಡಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಅತಿಹೆಚ್ಚಿನ ಹೊರೆಯ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯೇ ಮಿಂಚು.

ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಆಕರ್ಷಣೆ ಸಹ ವಿದ್ಯುದಾಕರ್ಷಣೆಯಂತೆಯೇ ಬಹಳ ಪುರಾತನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ತಿಳಿದಿರುವ ಸಂಗತಿ. ಬಹಳ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಕಬ್ಬಿಣದ ಹುಡಿಯನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಗುಣವಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದುರನ್ನು ಉತ್ತರ ಗ್ರೀಸಿನ, ಥೆಸಲಿ ಜಿಲ್ಲೆಯ ಮ್ಯಾಗ್ನಿಸಿಯದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಿದ್ದರು. ಈ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಆಕಾರವಾಗಲೀ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯಾಗಲೀ ಇಲ್ಲ. ಆದರೂ ಇದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಹುಡಿಯನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದೇ ಸಾಕಷ್ಟು ಕುತೂಹಲವನ್ನು ಕೆರಳಿಸಿತ್ತು. ಇದನ್ನು 'ಸೂಜಿಗಲ್ಲು' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು. ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಈ ಹುಡಿಯು ಗಾಳಿಯ ಯಾವುದೋ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಬಿದ್ದುಬಿಡುತ್ತಿತ್ತು. ಹೀಗಾದರೂ ಈಗ ಈ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲವು ವಾಯುವಿರುವ ಕಡೆ ಹಾಗೂ ನಿರ್ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅಷ್ಟೇ ಸುಲಭವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇತ್ತೀಚಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳು ಸೂಜಿಗಲ್ಲಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಲಯುತವಾಗಿವೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷರೀತಿಯ ಉಕ್ಕಿನಿಂದ ತಯಾರಿಸುತ್ತಾರಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಗಳು, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಮುಂತಾದ ಪ್ರಮುಖ ವಿದ್ಯುದುಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸ್ವಭಾವಜನ್ಯ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು 'ಶಾಶ್ವತ ಅಯಸ್ಕಾಂತ' ಗಳು ಎನ್ನುವರು. ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಹರಿದಾಗ ಅಯಸ್ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತಗಳು ಎನ್ನುವರು. ಇವುಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಸರಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಉಕ್ಕಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಪಟ್ಟಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ತೆಳು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ತಗಡಿನಿಂದ—ಇದನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿ ಅಥವಾ ದಿಕ್ಸೂಜಿ ಎನ್ನುವರು— ತೋರಿಸಬಹುದು. ಈ ದಿಕ್ಸೂಜಿ

ಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿರುಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಸೂಜಿಯ, ಒಂದು ಕೊನೆಯು ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯು ದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ತೋರಿಸುವಂತೆ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಪಟ್ಟಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಒಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತಿರುವ ದಿಕ್ಸೂಜಿಯ ತುದಿಗೆ—ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಬಳಿಗೆ ತಂದರೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಪಟ್ಟಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಅದೇ ಧ್ರುವದ ಬಳಿಗೆ ತಂದರೆ ಅದನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪಟ್ಟಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಒಂದು ಮರದ ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆ ತೇಲಿಬಿಟ್ಟು ದಿಕ್ಸೂಜಿಯ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಬಳಿ ಆಕರ್ಷಿತವಾದ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೊನೆ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವೆಂದೂ, ವಿಕರ್ಷಿತವಾದ ಕೊನೆ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವೆಂದೂ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಲ್ಲಾದಂತೆ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ವಜಾತಿಯ ಧ್ರುವಗಳು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವಿಜಾತಿಯ ಧ್ರುವಗಳು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದಂತಾಯಿತು.

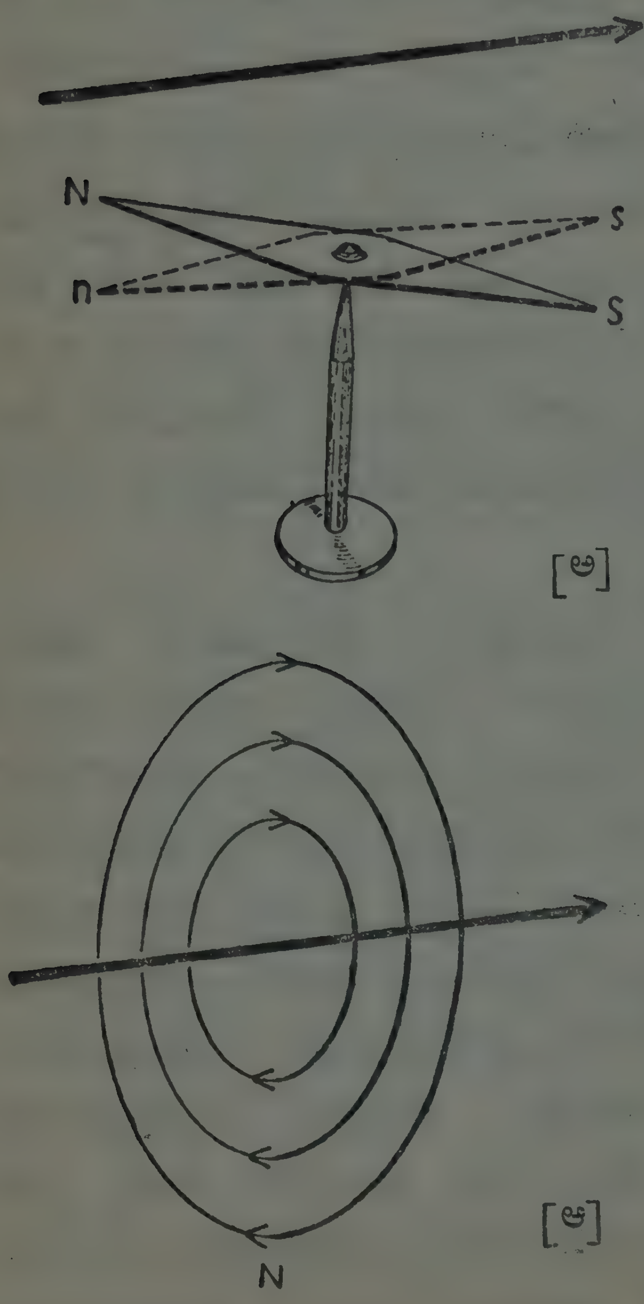
ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅಯಸ್ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಧ್ರುವ ಭೌಗೋಳಿಕ ಧ್ರುವದ ಬಳಿ—ಆದರೆ ಧ್ರುವದಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲ—, ಇನ್ನೊಂದು ಧ್ರುವವು ಭೌಗೋಳಿಕ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವದ ಬಳಿಯೂ—ಧ್ರುವದಲ್ಲಲ್ಲ ಇವೆ. ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ಎಂದರೆ ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹುಡುಕುವ ಧ್ರುವ ಎಂದರ್ಥ ಇರುವುದರಿಂದ, ಭೂಮಿಯ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ, ಈ ದೊಡ್ಡ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಗೊಂದಲಕ್ಕೀಡಾಗಬೇಕಾದ ಪ್ರಮೇಯವೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. 1800 ರಲ್ಲಿ ಇಟಲಿ ದೇಶದ ವೋಲ್ಟಾ ಎಂಬುವನು ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ತಯಾರಿಕೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಅನಂತರದ 20 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲೇ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶಗಳು ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದವು. ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಸತುವಿನಂತಹ ಲೋಹಗಳ ತಗಡನ್ನು ಆಮ್ಲದಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿ ಈ ಕೋಶಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದ್ದನು. ಅನಂತರ ಇಂಗಾಲದ ಜೊತೆಗೆ ಇತರ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಆರಂಭಮಾಡಿದರು. ಆದರೆ ಈಗ ಈ ಯಾವರೀತಿಯ ಕೋಶಗಳೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿಲ್ಲ. ಧ್ರುವಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸದೆ ತಯಾರಿಸಿರುವ ಶುಷ್ಕ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಹಲವು ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ಕೋಶದಲ್ಲಿ, ಮುಗಿದಂತೆಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ತು

ಪುನಃ ಪುನಃ ಸರಬರಾಜಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು 'ಸಂಚಾಯಕ' ಎನ್ನುವರು. ಈ ಎಲ್ಲ ಕೋಶಗಳಲ್ಲೂ ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಂಚಾಯಕದಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆಯ ಪುನರಾವರ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೋಶವು ಕೊಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದರೆ ಕೋಶವು ಪುನಃ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಿಂತುಹೋದ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕೆ ಕೀ ಕೊಡುವವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಹಳೇ ಮಾದರಿಯ ಕೋಶ ಮತ್ತು ಶುಷ್ಕಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಜು ನಿಂತು ಹೋದರೆ ಪುನಃ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅವು ಒದಗಿಸಲಾರವು.

ಒಂದು ಶುಷ್ಕ ಕೋಶ ಅಥವಾ ಸಂಚಾಯಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗಿದೆಯೆಂದು ಬಹಳ ದಿನಗಳಿಂದ ತಿಳಿದಿದ್ದರೂ, ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದರೂ 1889 ನೇ ಇಸವಿಯಲ್ಲಿ ರೋಲ್ಯಾಂಡನು ಅಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ತಗಡುಗಳನ್ನು ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಇದೇ ಅನುಭವವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸುವವರೆಗೂ ನಿರ್ಧರ ವಾಗಿ ಸಾಧಿತವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ.

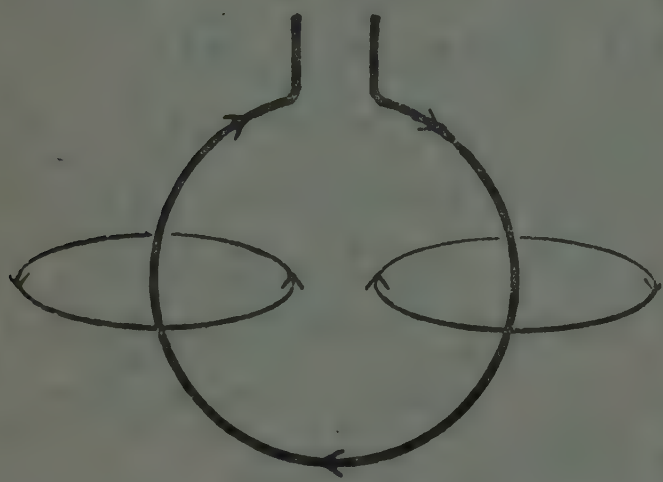
ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಗಳ ವಿಷಯ ಬಹಳ ಹಿಂದಿನಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದ್ದರೂ, ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧ ತಿಳಿದು ಬಂದುದು ಈಚೀಚೆಗೆ. 1820 ರಲ್ಲಿ ಹಾಲೆಂಡಿನ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಎನ್ನುವನು ತಗುಲಿಹಾಕಿರುವ ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರ ವಾಗಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದಾಗ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದನು [ಚಿತ್ರ 18 (ಅ)]. ಫ್ಯಾರಡೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲಗಳು ತಂತಿಯ ಸುತ್ತಲು ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿ ತಂತಿಯನ್ನೇ ಕೇಂದ್ರ ಮಾಡಿಕೊಂಡು, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಅನುಭವವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು ವಿವರಿಸಿದನು. ಅಂದರೆ ಈಗ ಚಿತ್ರ 18 (ಆ) ನಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ ತಂತಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಿಂದ

ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವವನಿಗೆ N ನಲ್ಲಿನ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ಸ್ವಲ್ಪ ಎಡಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವು ಅಷ್ಟೇ ಬಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ನಮಗೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಏಕೆ ತಿರುಗಿತೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 19ರಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವಂತೆ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಈ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ವೃತ್ತದೊಳಗಿನ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ 18. ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಭಾವ ದಪ್ಪ ಸರಳರೇಖೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ತಂತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. (ಅ) ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಒಡೆದ ರೇಖೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಪೂರ್ಣ ರೇಖೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯದಿದ್ದಾಗ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. (ಆ) ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಲಂಬವಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಉಂಗುರದಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅನೇಕ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತವು ಈ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದುದರ ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮಗಳಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಪಟ್ಟಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಅವಾಹಕದಿಂದ ಆವೃತವಾದ ತಂತಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪಟ್ಟಿಯು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತವಾಗುತ್ತದೆ.

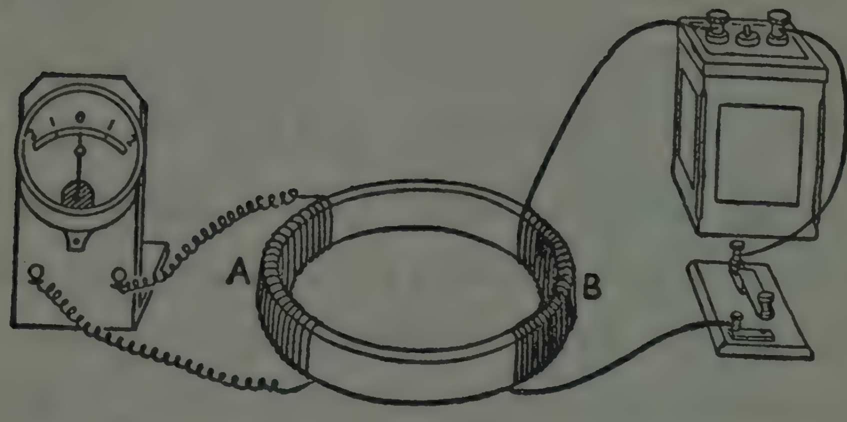


ಚಿತ್ರ 19. ವೃತ್ತಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉತ್ಪತ್ತಿಸುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲ

ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸಲಾಗುವ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ, ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ತಂತಿಯು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಪರಿಣಾಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯುವ 'ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ' (galvanometer) ಉಪಕರಣವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿರೋಧ ಧ್ರುವಗಳಿರುವಂತಹ ಒಂದು ಹಗುರವಾದ ತಂತಿಯನ್ನು ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತಿ ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ತೂಗುಹಾಕಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ಸುರುಳಿಯು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು, ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ, ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯನ್ನು ಸುರುಳಿಯ ನಡುವೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ತಗಲುಹಾಕಿ,

ಅಳೆಯಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿದಾಗ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಪರಿಣಾಮವೇರ್ಪಡುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ.

ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದಾಗುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಪರಿಣಾಮದ ವಿಷಯ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಇಷ್ಟಾಯಿತು. 1831 ರಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಮೂಲಭೂತ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಇದು ಎಷ್ಟು ಮಹತ್ವದ ಮತ್ತು ಮೂಲಭೂತ ಸಂಶೋಧನೆಯಾಗಿತ್ತೆಂದರೆ 1931 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಲಂಡನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಸೇರಿ, ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಸ್ಮರಣಾರ್ಥ ಕೂಟವನ್ನು ವೈಭವಯುತವಾಗಿ ಆಚರಿಸಿದರು. ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯೇ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಸಾರಾಂಶ. ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನ ಹೀಗಿದೆ: ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಉಂಗುರಕ್ಕೆ ಆವಾಹಕದಿಂದಾವೃತವಾದ 2 ತಂತಿಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಸುತ್ತಿ ಒಂದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶಕ್ಕೂ ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕಕ್ಕೂ ಸೇರಿಸಿದನು.




ಚಿತ್ರ 20.

ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಪ್ರಯೋಗ

ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಳಚಲು, ಸೇರಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಬೀಗದ ಕೈ ಇತ್ತು. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಂತೆಯೂ, ಹರಿಯದಂತೆಯೂ ಮಾಡಲು ಅನುಕೂಲವಾಯಿತು. ಇದರ ಆಧುನಿಕ ಜೋಡಣೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 20 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಒಂದು ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿದಾಗ ಇನ್ನೊಂದು ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್

ಹರಿಯುದಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ್ಲೂ, ಬೀಗದ ಕೈ ಹಾಕುವುದು ಅಥವಾ ತೆಗೆಯುವುದ ರಿಂದ, ಆ ತಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಇನ್ನೊಂದು ತಂತಿಯಲ್ಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದೆಂದು ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಈ ಉಂಗುರದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಧಾನ ಸುರುಳಿ ಎಂದು ಕರೆಯುವ ತಂತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದಾಗ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಉಂಗುರ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ತಕ್ಷಣ ಬೀಗದ ಕೈ ಹಾಕಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ, ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸುರುಳಿಯ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅದೇ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಅದು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಸುರುಳಿಯೊಳಕ್ಕೆ ನುಗ್ಗಿಸಿದಾಗಲೂ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಹಾಗೆ ಹಿಡಿದಿದ್ದರೆ ಏನು ಪರಿಣಾಮವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಈಚೆಗೆ ತೆಗೆದ ತಕ್ಷಣ ಪುನಃ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸು ವುದರಿಂದ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದರೆ, ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದ ರಿಂದ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು 'ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ' (electromagnetic-induction) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಈ ಕಬ್ಬಿಣದ ಉಂಗುರದ ಪ್ರಯೋಗ, ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕದ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪ. ಇದು ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು, ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನಾ ಯಂತ್ರಗಳಾದ ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಣೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ರೂಪು ಗೊಂಡಿವೆ. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಮತ್ತು ವಿಚಕ್ಷಣೆಯಿಂದ

ಮಾಡುವುದರಲ್ಲೇ ಈ ಯಂತ್ರದ ಎಲ್ಲ ದಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಅರ್ಹತೆ ಅಡಗಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾದುದು ಅನಾವಶ್ಯಕ. ಅಷ್ಟೆಂದರೂ ಮೂಲತಃ ಇವೆಲ್ಲವೂ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಮಾಡುವುದರಲ್ಲೂ, ಅದನ್ನು ಕಬ್ಬಿಣದ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಸುತ್ತುವುದರಲ್ಲೂ, ಅದನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲೂ, ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತಬಲವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವಂತೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಯೋಜಿಸುವುದರಲ್ಲಷ್ಟೆ ಇದೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಪ್ರೇರಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊರಗೆ ಸಾಗಿಸಲೂ ಅನುಕೂಲತೆಯನ್ನು ಇದರಲ್ಲಿ ಕಲ್ಪಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಕಬ್ಬಿಣವು ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ತಂತಿಯಿಂದ ಸುತ್ತಿ ತಿರುಗುವಂತೆ ರಚಿಸಿರುವಷ್ಟು ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದ ಭಾಗವನ್ನು 'ಭ್ರಮಣಬಾಹು' (armature) ಎನ್ನುವರು. ಭ್ರಮಣಬಾಹು ತಿರುಗುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಚಲಿಸದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸುತ್ತಿರುವ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಹರಿಸುವುದರಿಂದ ಪಡೆಯುತ್ತಾರೆ. ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಪಡೆದಂತೆ ಈ ಭಾಗವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಲು ಹೆಚ್ಚು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿ ಅವಶ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಏನನ್ನೂ ಒದಗಿಸದಿದ್ದರೆ ಏನನ್ನೂ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮ.

ರೇಡಿಯೋ ಅಥವಾ ನಿಸ್ತಂತು ದೂರಲೇಖಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅಲೆಗಳು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳೇ. ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಪ್ರೇರಕ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ನಿಯಮಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ನಿರ್ವಾಯುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳು ಆವರ್ತವಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ಅಲೆಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಮತ್ತು ದೂರಲೇಖಕಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ಕ್ಲಾರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನು ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಗಣಿತರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವನ್ನು ಪ್ರಮಾಣೀಕರಿಸಿ, ಬೆಳಕು

ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳೆಂದು ಸೂಚಿಸಿದ್ದನು. ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳೆಂದು ಈಗಾಗಲೇ ಎರಡನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಜರ್ಮನಿ ದೇಶದ ಹೆನ್ರಿಚ್ ಹರ್ಟ್ಸನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಕೆಲಸವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಮೂಲಕ ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಪಡೆದನು. ಈ ಕೆಲಸವೇ ಇಂದಿನ ಈ ಮಹತ್ವ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಫ್ಯಾರಡೆ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಬಲಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಲ್ಲಿರುವ ನಿಕಟ ಬಾಂಧವ್ಯವೇ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಾಧಾರವಾಗಿದೆ.

ನಾವೀಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ವಸ್ತು ಎಂದರೆ ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದರಲ್ಲೂ ಭಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಪರಿಣಾಮವೂ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನೀರು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಪ್ರವಹಿಸುವುದೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಏನಾದರೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರವೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ. ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು 'ಸ್ಥಾನ ಶಕ್ತಿ' ಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಎನ್ನುವರು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸಂಚಾಲಕ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹರಿಯುವಾಗ ನೀರಿನ ಒತ್ತಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಂಡು ಇದನ್ನು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದೂ ಕರೆಯುವರು. ತಾಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದಲೇ ಉಷ್ಣವು ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಅಂಶವನ್ನು ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಇದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಮಾನವನ್ನು 'ವೋಲ್ಟ್' (volt) ಎನ್ನುವರು.

ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಅವಾಹಕಗಳಾದ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು, ಎಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೇರ್ಪಡಿಸಿದರೂ, ತನ್ಮೂಲಕ

ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಗೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಗಾಜು ಪಿಂಗಾಣಿ ಎಬೋನೈಟ್, ಗಂಧಕ, ಸೀಲ್ ಮಾಡುವ ಮೇಣ ಮತ್ತು ಹಲವಾರು ಆಧುನಿಕ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಮುಂತಾದುವು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಅವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲೋಹಗಳೆಲ್ಲ ಹೇಗೆ ಒಳ್ಳೆಯ ಉಷ್ಣವಾಹಕಗಳೋ ಹಾಗೆಯೇ ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೂ ಆಗಿವೆ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿ ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು.

ಒಂದು ವಾಹಕದ 'ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು' ಆ ವಾಹಕಕ್ಕಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಮೂಲವಾನ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಹರಿದ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿಲೋಮವು ಈ ನಿರೋಧದ ಅಳತೆಯ ಮಾನ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಒಂದು 'ವೋಲ್ಟ್' ಅಷ್ಟನ್ನು ಒಂದು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕವೂ ಅದರ ಅರ್ಧದಷ್ಟನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ತಂತಿಯ ಮೇಲೂ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಪರ್ಭದಲ್ಲಿ ಎರಡನೆ ತಂತಿಯ ನಿರೋಧವು, ಮೊದಲನೆಯ ತಂತಿಯ ನಿರೋಧದ ಎರಡರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂರನೆಯ ಒಂದ ರಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದರೆ ನಿರೋಧ ಮೂರರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಓಮ್ಸ್ ನಿಯಮವು, ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ನಿರೋಧದ ಭಾಗಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ನಿರೋಧದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಮತ್ತು ಮೇಲಿನ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಿದ ಜರ್ಮನಿಯ ಸಂಶೋಧಕ ಓಮನ ತರುವಾಯ ಓಮ್ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ವಾಹಕಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಒಂದು ಓಲ್ಟನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಒಂದು ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದಾಗ ಇರುವ ನಿರೋಧ ಶಕ್ತಿಯೇ ಒಂದು ಓಮ್.

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಏಕಮಾನ ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಳಪಡುವ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಗಣಿತ ರೂಪವನ್ನು ಕೊಟ್ಟ ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ಆಂಪಿಯರನ ತರುವಾಯ ಈ ಹೆಸರನ್ನಿಟ್ಟಿದೆ.

ಬ್ರಿಟನ್ನಿನವರು ಇದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಮಾನವನ್ನು ಜೇಮ್ಸ್ ವಾಟನ ಅನಂತರ 'ವಾಟ್' ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು (ಅಧ್ಯಾಯ 2) ಅಳೆದ ಜೇಮ್ಸ್ ಪ್ರೆಸ್‌ಕಾಟ್ ಜೌಲನ ತರುವಾಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಇನ್ನೊಂದು ಮಾನವನ್ನು ಜೌಲ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಒಂದು ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಶಾಖ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ಅವಾಹಕದ ನಿರೋಧ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ, ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಾಖವೂ ಹೆಚ್ಚು. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು ಒಂದು ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಘರ್ಷಣೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿ ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ವೆಂದರೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯ ನಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಾಹಕದ ನಿರೋಧ ವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಈ ನಷ್ಟವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತಾಮ್ರದ ನಿರೋಧ ಶಕ್ತಿ ಗಾತ್ರಕ್ಕನುಗುಣ ವಾಗಿ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ; ಆದರೆ ತಂತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪ ಗಳಲ್ಲೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲೆಗಳಲ್ಲೂ ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಶಾಖಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಆದುದರಿಂದಲೇ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದ ತಂತಿಯ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲೆಯ ಸುರುಳಿಯ ನಿರೋಧವನ್ನು ಉದ್ದೇಶಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿರೋಧವಿರುವಂತೆ ಯೋಜಿಸಿರುತ್ತಾರೆ.

ಬಿಸಿ ತಂತಿ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಅದು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅಧಿಕ ತಾಪಕ್ಕೆ ತಂತಿಯನ್ನು ಏರಿಸಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪಗಳ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಮಟ್ಟದ ಸಂಶೋಧನಾತ್ಮಕ ಅನಾವರಣೆಯನ್ನು ನಡೆಸಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ತಾಪದ ತಂತಿಯಿಂದ ಆವಿಯಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು, ಜಾಗರೂಕತೆಯಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಚಾಣಾಕ್ಷ ಯೋಜನೆಯೂ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಫ್ಲೋರೋಸೆಂಟ್ ದೀಪಗಳಿಂದು

ಕರೆಯುವ ದೀಪಗಳು, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣಕ್ಕೆ ಇತರ ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖವನ್ನು ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದಲೇ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಲೋಹ ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದಾಗ ಅವುಗಳ ರಚನಾ ಸ್ವಭಾವದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮ ತೀರ ಭಿನ್ನ. ದ್ರವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು, 'ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ರಾವಣ' (electrolyte) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಇವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಮ್ಲಗಳು, ಕ್ಷಾರಗಳು ಅಥವಾ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲವಣಗಳು ಅಂದರೆ ಗಂಧಕಾಮ್ಲ, ಸೋಡಿಯಂ ಬೈಕಾರ್ಬೋನೇಟ್ ಮತ್ತು ತಾಮ್ರದ ಸಲ್ಫೇಟ್‌ಗಳು ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ದ್ರಾವಣಗಳು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ದ್ರವದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಎರಡು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿ ಉಳಿದೆರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ ಅಥವಾ ಸಂಗ್ರಾಹಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಯಾವ ಆಕಾರ ಅಥವಾ ರೀತಿಯ ತಟ್ಟೆಯೇ ಆಗಲಿ, ಅದು ತನ್ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹಾಯಗೊಟ್ಟರೆ, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಒಳಗೆ ಬಿಡಲು ಅಥವಾ ಕಳುಹಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟರೆ ಅವುಗಳನ್ನು 'ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ವಾರ' (electrode) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಧನಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿರುವುದನ್ನು 'ಆರೋಹದ್ವಾರ' (anode) ವೆಂದೂ 'ಋಣಧ್ರುವಕ್ಕೆ' ಸೇರಿಸಿರುವುದನ್ನು (cathode) ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು.

ಅತಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ರಾವಣ ಮಾಮೂಲು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ನೀರು ಅಥವಾ ಹಲವೇ ಹನಿಗಳು ಆಮ್ಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿರುವ ನೀರು. ಪರಿಶುದ್ಧ ನೀರು ಬಹಳ ಒಳ್ಳೆಯ ಅವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ. ಹಲವೇ ತೊಟ್ಟು ಆಮ್ಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದ ತಕ್ಷಣ ಅವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗಿದ್ದದು ಎಷ್ಟು ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗಬಲ್ಲದೆನ್ನುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಸೋಜಿಗದ ಸಂಗತಿ. ನೀರಿನ ಒಂದು ಅಣು, ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಆಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ವಾರಗಳ ಮೂಲಕ

ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಕೊನೆಗೆ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಜಲಜನಕ ತನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅವರೋಹದ್ವಾರದಲ್ಲೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಆಮ್ಲಜನಕ ಆರೋಹ ದ್ವಾರದಲ್ಲೂ ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳನ್ನೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅವರೋಹ ಮತ್ತು ಆರೋಹ ದ್ವಾರಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯುವುದೇ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿದೆ. ಸರಿಯಾದ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಜೋಡಿಸುವುದ ರಿಂದ ಈ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಶೇಖರಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ದ್ರವಗಳನ್ನು ವಿಭಜಿಸುವುದಕ್ಕೆ 'ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆ' (electrolysis) ಎನ್ನುವರು. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆಯಿಂದ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ ಉಕ್ಕಿನ ಕೊಳವೆಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ ಕೈಗಾರಿಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿಭಜನೆ ಹೊಂದಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳನ್ನು 'ಅಯೋಣು'(ion) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಕರಗಿದ್ದ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಯಾಣುಗಳೆನ್ನುವರು. ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪದದ ಅರ್ಥ 'ಹೋಗುವವರು' ಅಥವಾ 'ಪಯಣಿಗರು' ಎಂದು. ಇವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟು ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತು ಅವರೋಹ ದ್ವಾರದ ಕಡೆಗೆ ಸಾಗುವುದನ್ನು ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯೋಣು ವೆಂದೂ, ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತು ಆರೋಹ ದ್ವಾರದ ಕಡೆಗೆ ಸಾಗುವು ದನ್ನು ಋಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯಾಣುವೆಂದೂ ಕರೆಯುವರು. ಈ ಅಯೋಣು ಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತಿಲ್ಲದಿರುವ ಕಣಗಳ ಗುಣಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನ ವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಅಡಿಗೆ ಉಪ್ಪು ಅಂದರೆ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಪ್ರತಿಕಣ ಅಥವಾ ಅಣುವು ಒಂದು ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿ ನಿಂದಲೂ ಒಂದು ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದಲೂ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಕರಗಿದ ಕೆಲವು ಅಣುಗಳು ಒಡೆಯುವುದರಿಂದ, ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸೋಡಿಯಂ ಅಯೋಣುಗಳೂ, ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಅಯೋಣುಗಳು ಸ್ವತಂತ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯ

ಸೋಡಿಯಂ ನೀರಿನ ಜೊತೆ ಬಿರುಸಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸೋಡಿಯಂ ಅಯಾಣುವು ಯಾವ ವರ್ತನೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿಯೇ ತೇಲುತ್ತಿದ್ದು ವಿದ್ಯುತ್‌ದ್ವಾರವನ್ನು ಸೇರಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತದೆ.

ಅಂದವಾದ ತಾಮ್ರದ ಸಲ್ಫೇಟ್ ಹರಳಿನ ನೀರಿನಲ್ಲಿನ ದ್ರಾವಣ ಒಂದು ಹೇಳಿ ಮಾಡಿಸಿದಂತಹ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ರಾವಣ. ತಾಮ್ರದ ಸಲ್ಫೇಟಿನ ಅಣು ವಿಭಜನೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ತಾಮ್ರದ ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯಾಣು ವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಗಂಧಕದ ಸಂಯೋಗದಿಂದಾಗಿರುವ ಸಲ್ಫೇಟಿನ ಋಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯಾಣುವಾಗಿಯೂ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ತಾಮ್ರದ—ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯೋಣವು ಅವರೋಹ ವಿದ್ಯುದ್ವಾರವನ್ನು ಸೇರಿ ಅಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿ, ತಾಮ್ರದ ತೆಳುಪದರವು ಅವರೋಹದ್ವಾರವನ್ನು ಆವರಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಸರಳ ಉದಾಹರಣೆಯೆಂದರೆ ಲೋಹದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಲೋಹದ ತೆಳುಪದರದಿಂದ ಮುಚ್ಚುವುದು. ಇದನ್ನು 'ವಿದ್ಯುದ್ಮುಲಾಮು' (electroplating) ಮಾಡುವುದು ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಚಮಚಕ್ಕೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಮುಲಾಮನ್ನು ಹಾಕಬೇಕಾಗಿದ್ದರೆ ಆ ಚಮಚವನ್ನು ಬೆಳ್ಳಿಯ ಲವಣದ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ನೈಟ್ರೇಟ್ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿ ಇದನ್ನು ಅವರೋಹದ್ವಾರ ಮಾಡುವುದು. ಆರೋಹದ್ವಾರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬೆಳ್ಳಿಯ ತಗಡು ಅಥವಾ ಕಂಬಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿನ ಬೆಳ್ಳಿಯನ್ನು ಬಳಸಿದ ನಂತರ ಬೆಳ್ಳಿಯು ಒದಗಬೇಕಾಗುತ್ತಧೆ. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಬೆಳ್ಳಿಯ ನೈಟ್ರೇಟ್ ಉಳಿಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಮುಲಾಮು ಮಾಡುವಾಗ ದ್ರಾವಣಕ್ಕೆ ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಸೈನೈಡನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಬೆಳ್ಳಿಯ ನಯವಾದ ಮೇಲ್ಮೈ ಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ವಿದ್ಯುದ್ಮುಲಾಮು ಮಾಡಬೇಕಾದವರಿಗೆ

ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಜ್ಞಾನವಿರಬೇಕೆನ್ನುವುದನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದಕ್ಕೊಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಮಾಡುವುದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಈಚೀಚೆಗೆ ಬಾಕ್ಸೈಟ್ ಮತ್ತು ಕ್ರೈಯೋಲೈಟ್ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಆದರುಗಳಿಂದ ಶುದ್ಧ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಅನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಲವಣಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕಿಂತ ತೀರ ಭಿನ್ನವಾದ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಮೇಲಿನ ಸಂಗತಿಗಳಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರವಹನದ ಅಧ್ಯಯನ ಬಹಳ ಮಹತ್ವ ಸ್ಥಾನ ಪಡೆದಿದೆ. ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದರಿಂದ ಮೊದಲ್ಗೊಂಡು ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಸರಬರಾಜಿನ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವಿಷನ್ ರಚಿಸುವ ರೀತಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಅನುವು ಮಾಡಿ ಕೊಟ್ಟಿತು. ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ವಾರಗಳನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಎರಡು ಲೋಹದ ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಗಾಳಿ ಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಅದರ ಮೂಲಕ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಂಟಾಗುವವರೆಗೂ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಒಂದು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ ಚೆಂಡುಗಳ ನಡುವೆ ಹಾರುತ್ತದೆ.

ಈ ಕಿಡಿ ಸಿಡಿಲುಮರಿ ಎಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಬಹಳ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಸಂಶೋಧನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿದ್ದರೂ ಇದು ಯಾವ ಮೂಲ ಸಂಶೋಧನೆಗೂ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿನ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲ ಒಂದು ಸರಿಯಾದ ಪಂಪಿನಿಂದ ಹೊರತೆಗೆದು ಅದರಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವನ್ನು ತುಂಬಿಸಿ, ಎರಡು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ವಾರಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಿದರು. ೱ ಶತಮಾನದ ಆದಿ

ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವ್ಯಾಸಂಗದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿಹೊಂದಿರುವ ಮತ್ತು ಮುನ್ನಡೆ ಬಯಸುವ ಪ್ರತಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯೂ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು, ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ ಬರೆದ 'ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ' ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಹೊತ್ತು ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಅಂದಿನ ಜನಮನದಲ್ಲಿ ಕುತೂಹಲ ಕೆರಳಿಸುವ ಮತ್ತು ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಡಿಗಲ್ಲಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿತ್ತು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ವಾರಗಳಿರುವ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಹರಿಸಿ, ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮಾಮೂಲು ಒತ್ತಡದ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದ ಒಂದಂಶಕ್ಕೆ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆ ಗಾಜು ಸುಂದರ ಹಸಿರು ವರ್ಣದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಹೊಳೆಯುತ್ತದೆ. ಅವರೋಹದ್ವಾರದಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಣಗಳು ಗಾಜನ್ನು ಬಡಿಯುವುದರ ಪರಿಣಾಮವೇ ಇದೆಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ತಗಡಿನಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಮಾಡಿ ಅವರೋಹದ್ವಾರದ ಮುಂದೆ ಇಡುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಒಂದು ಸಮೂಹವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಈ ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಇವು ಶುದ್ಧ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳೆಂದೂ ಆದರೆ ಧಾತುಗಳ ಕಣಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಯಾವ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನೂ ಪಡೆದಿರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಈ ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆನ್ನುವರು ಮತ್ತು ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಆಧುನಿಕ ತಾತ್ವಿಕ ಹಾಗೂ ಪ್ರಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅತಿ ಮಹತ್ವದ ಧಾತುವಾಗಿವೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ತೂಕ ಗುಣಗಳಿರಬೇಕಾದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ತು ವೇಗವಾಗಿ ಅಥವಾ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟಾದರೂ ಅದರ ತೂಕ ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪವೆಂದರೆ ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಎರಡು ಸಾವಿರದ ಒಂದಂಶಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಪ್ಪತ್ನಾಲ್ಕು

ಸೊನ್ನೆ ಹಾಕಿದರೆ ಆಗುವಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತೂಕ 1·66 ಗ್ರಾಂ ಅಥವಾ $\frac{1}{17}$ ಔನ್ಸ್. ಇದು ಹೊತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯೆಂದರೆ ಗಂಟೆಗೆ 50 ಆಂಪಿಯರ್ ಕೊಡುವ ಸಣ್ಣ ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಪ್ಪತ್ನಾಲ್ಕು ಸೊನ್ನೆಗಳನ್ನು ಹಾಕಿದಾಗ ಆಗುವ ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಎಷ್ಟೋ ಅಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ.

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಆಗಿವೆಯಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಇವೇ ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಹರಿಯಲು ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಕೊಚ್ಚಿಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಲೋಹದ ಅಣುಗಳ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸಬಲ್ಲವಾಗುವುದರಿಂದಲೇ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಾಗುವುವು. ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊರುವ ಅಯೋಣುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಳ ಬದಲಾವಣೆ ಅಂದರೆ ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಣವು ಅದರ ರಚನೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಋಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳು ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತು ಸಾಗುವುದೇ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಹನಕ್ಕೆ ಕಾರಣ.

ಸ್ವತಂತ್ರ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಅವರೋಹ ಕಿರಣ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಮೂಲಕವಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ವಿಧಾನದಿಂದಲೂ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಲೋಹಗಳನ್ನು ಕೆಂಪಗಾಗುವವರೆಗೂ ಕಾಯಿಸಿದರೆ ಅವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುತ್ತವೆ. ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸರಣದ ಸಲಕರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಅಯೋಣ ಕವಾಟವನ್ನು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಬೆಳಕು ಒಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗಲೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪ್ರಭಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮ ಎನ್ನುವರು. ಟೆಲಿವಿಷನ್‌ನಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಕಾರಣವೇ

ನೆಂದರೆ ಇದು ಬೆಳಕಿನಲ್ಲುಂಟಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮದ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಲ್ಲುದು. ಮೇಲಿನ ಅಂಶಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜುಟ್ಟು ಹಿಡಿದು ಅಲ್ಲಾಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವೋ ಅವೆಲ್ಲವೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಬಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಯಾವ ಮೂಲದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿರಲಿ ಎಲ್ಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಒಂದೇ.

ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ನುಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬಡಿದಾಗ ಅತ್ಯಲ್ಪ ತರಂಗದೂರದ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದೂ, ಇವುಗಳನ್ನು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವರೆಂದೂ ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಕೊಳವೆಗಳಲ್ಲಿ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಕಾಯಿಸಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆ ಅಂದರೆ ಗುರಿಯ ಕಡೆಗೆ ಅಥವಾ ಅವರೋಹದ್ವಾರಕ್ಕೆ ವಿಮುಖವಾಗಿ ನುಗ್ಗುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶವಾಗಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಹಲವೇ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಗೆ ಯಾವ ಅಡ್ಡಿ ತಡೆಯೂ ಇಲ್ಲದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅವು ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋದಾಗ ಅದರ ಅಣುಗಳಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡುವ ವಿಶೇಷ ಗುಣವಿದೆ. ಇವುಗಳು ಲೋಹದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಲೋಹದ ಅಣುಗಳಿಂದಲೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದಬ್ಬುತ್ತವೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಮಾಂಸಖಂಡದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಇದರ ಗುಣ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದ ವಿಷಯವೇ ಆಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇವು ಎಲ್ಲ ಅಪಾರದರ್ಶಕಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಹಾದುಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದಲೇ ಇವನ್ನು ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿದಾಗ ಆಗುವ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಲೂ ಮೂಳೆಗಳ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಲೂ

ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈಚೀಚೆಗೆ ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಇದರಿಂದ ನೂರಾರು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗುವ ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಿನ ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನೂ ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. 1895 ರಲ್ಲಿ ರ್‍ಯಾಂಟಿಜನ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳೇ ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮದ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ನಾಂದಿಯಾಯಿತು.

# 7

## ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ

ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲ ಸುಮಾರು 90 ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಾಗಿವೆ ಎಂದು ಎರಡನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯವರೆಗೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಧಾತುವಿನ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತವರದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯವೆಂದೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಾಗಲೀ, ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಾಗಲೀ, ಯಾವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೂ ಬದಲಾಯಿಸಲು, ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಅಥವಾ ನಾಶಮಾಡಲು ಆಗುವುದೇ ಇಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಈ ಮೇಲಿನೆರಡು ತಿಳುವಳಿಕೆಗಳೂ ತಪ್ಪೆಂದು ಈ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಪರಮಾಣು ತನ್ನ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಲ್ಲದೆಂದು ಸೂಚಿಸಿತು. ಎಚ್. ಬೆಕ್ವೆರಲ್, ಪೀರೆ ಮತ್ತು ಮೆರಿಕ್ಯೂರಿ ಮತ್ತು ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್—ಮುಂತಾದವರ ಕಾರ್ಯದ ಫಲವಾಗಿ ಕೆಲವು ಭಾರ ಧಾತುಗಳು ತಮಗೆ ತಾವೇ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ವಿವಿಧ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಧಾತುಗಳು ಮೂರು ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ವಿವಿಧ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ: ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣಗಳನ್ನು $\alpha$ (ಆಲ್ಫ) ಕಣಗಳು ಎನ್ನುವರು. ನಡುವೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವೇಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು $\beta$ (ಬೀಟಾ) ಕಣಗಳು ಎನ್ನುವರು. ಕ್ಷ–ಕಿರಣದಂತಹ, ಎಲ್ಲದರ ಮೂಲಕ

ನುಗ್ಗಿಹೋಗುವ ವಿಕಿರಣವನ್ನು $\gamma$ (ಗಾಮ) ಕಿರಣಗಳು ಎನ್ನುವರು. $\alpha, \beta$ ಮತ್ತು $\gamma$ ಗಳು ಗ್ರೀಕ್ ವರ್ಣಮಾಲೆಯ ಮೊದಲ ಮೂರು ಅಕ್ಷರಗಳು.

ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹಗುರವಾದವು ಮತ್ತು ಚಿಕ್ಕವು. ಇದರ ತೂಕ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹಗುರವಾದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು. ವೇಗ ಚಲನೆಯ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ಅಂಗುಲಗಳಷ್ಟು ಚಲಿಸಿದ ನಂತರ ಅವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟ ಬಹುದು. ರೇಡಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ವಿಕಿರಣ ಧಾತುವು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಟ್ಟರೆ, ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸ್ವಭಾವದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗಿ, ಇನ್ನೊಂದು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೀಟ ಕಣ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದಾಗಲೂ ವಿಕಿರಣ ಪರಮಾಣವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ಈ ವರ್ತನೆ ಕಡೆಯ ಪಕ್ಷ ಕೆಲವು ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಾದರೂ ತಮ್ಮ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಲೆನಾರ್ಡನು ವಿಶೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನಾ ಕೊಳವೆಯನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಬಲ್ಲವೆಂದು ಸಿದ್ಧಿಸಿದನು. ಮೊದಲು ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೂಲಕ ಯಾವ ವಸ್ತುವೂ ಹಾದುಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಚಿಕ್ಕ ಗಡ್ಡೆಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗಬಲ್ಲುದೆಂದು ಸಿದ್ಧವಾದಾಗ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶಾಲ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶ ಗಳಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಹೊಸದೊಂದು ಸಂಗತಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. 1911 ರಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫರ್ಡನು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಬಹಿರಂಗ ಪಡಿಸಿದ ದಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಚಿರಸ್ಥಾಯಿಯಾದ ದಿನವೆಂದರೆ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಯಲ್ಲ.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ ತ್ವರಿತಗತಿಯವೂ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ

ಅತ್ಯಧಿಕ ವೇಗ ಮತ್ತು ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿ ಇರುವುದರಿಂದ ಪ್ರತಿಕಣವೂ ಸೆಳೆಮಿಂಚಿನಂತಹ ಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಳಕು ಅಂದರೆ 'ಮಿನುಗು' ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು ಸ್ಫುರಣ ಗುಣ ವಿಶೇಷವಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಗಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕತ್ತಲೆ ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದರೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ಮಿನುಗು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಸ್ಫುರಣಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಆಲ್ಫ ಕಣ ತಾಕುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಮಿನುಗುವುದರಿಂದ ಅದರ ಗತಿಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಹುದೆಂದಾಯಿತು.

ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಜೊತೆ ಕೆಲಸಗಾರರಾದ ಗೈಗರ್ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಸ್ಡೆನ್ ವಿಕಿರಣ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವು ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ತೆಳುವಾದ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಅಂಗುಲದ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದ ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳಷ್ಟು ದಪ್ಪವಾದ ತಗಡಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರು. ಅನಂತರ ಸ್ಫುರಣಶಕ್ತಿಯಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಚಿಕ್ಕ ತೆರೆಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿ, ತೆಳು ತಗಡಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದ ಕಿರಣಗಳ ಗತಿಯನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಈ ವೀಕ್ಷಣೆಯ ಫಲವಾಗಿ ತ್ವರಿತಕಣಗಳು ವಿವಿಧ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿದುವೆಂದೂ, ಹಲವು ಸುಮಾರು ದೊಡ್ಡ ಕೋನಗಳಲ್ಲೇ ತಿರುಗಿದವೆಂದೂ, ಹಲವೇ ಹಲವು ಕಣಗಳು ವಾಪಸಾದುವೆಂದೂ ಅಂದರೆ ತಗಡಿನ ಯಾವ ಪಾರ್ಶ್ವದಿಂದ ಕಣಗಳು ಹೊರಟವೋ ಅದೇ ಪಾರ್ಶ್ವಕ್ಕೆ ವಾಪಸಾದುವೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ರುದರ್‌ಫರ್ಡನಿಗೆ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಈ ರೀತಿಯ ತ್ವರಿತ ಎಸೆತೆಗಳು ವಾಪಸು ಕಳುಹಿಸಿದ್ದು ಅತ್ಯಂತ ಸೋಜಿಗದ ಸಂಗತಿ ಎನಿಸಿತು. ಅವನ ಸೋಜಿಗದ ಪರಮಾವಧಿ ಎಷ್ಟಿತ್ತೆಂದರೆ, 15 ಅಂಗುಲ ಗುಂಡಿನಿಂದ ಒಂದು ಜೆಲಿಕಾಗದವನ್ನು ಹೊಡೆದಾಗ, ಗುಂಡು ವಾಪಸಾಗುವುದು ಎಷ್ಟು ಸೋಜಿಗವೋ ಅದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಇದು ಹೆಚ್ಚಿನದೆಂದೂ, ತನ್ನ ಜೀವಮಾನದಲ್ಲೇ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸೋಜಿಗದ ಘಟನೆ ನಡೆದಿಲ್ಲವೆಂದೂ, ನಡೆಯಲಾರದೆಂದೂ ಉದ್ಗರಿಸಿದನು. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಚಿಂತಿಸ

ಬೇಕಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವನ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಷ್ಟು ಜೀವಂತ ವಾಗಿದ್ದುವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಣುವಿನ ಈ ಅಧಿಕ ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ಕಾರಣ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಕಾಳಿನಂತೆ ಅಂದರೆ ಎಲ್ಲ ಭಾಗದಲ್ಲೂ ಅದರ ಭಾರವು ಆಕ್ರಮಿಸಿರುವುದರ ಬದಲಾಗಿ, ಭಾರವೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಬೀಜಕಣದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿದ್ದು, ಇದರ ಗಾತ್ರ ಪೂರ್ತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುಮಾರು ಹತ್ತುಸಾವಿರದ ಒಂದಂಶದಷ್ಟಿರಬಹುದೆಂದು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ರುದರ್‌ಫೋರ್ಡನಿಗೆ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಬೀಜವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ಭಾರದ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬೀಜವು ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಆಗಲೀ ಅಥವಾ ಉದ್ದೇಶ ಪೂರ್ವಕವಾಗಿಯಾಗಲಿ ಬಂದರೆ ಆಲ್ಫ ಕಣವನ್ನು ವಾಪಸು ತಿರುಗಿಸಬಲ್ಲದು. ಪರಮಾಣುವಿನ ಉಳಿದ ಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಸಮ ಸಂಖ್ಯೆಯ, ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ವಿರಳವಾಗಿ ಹರಡಿದ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯು ಸರಿಸುಮಾರು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ರಚನೆಯಂತಿದೆ. ಅಂದರೆ ಭಾರವಾದ ಸೂರ್ಯನಂತೆ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು, ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಅವನಿಗಿಂತ ಹಗುರವಾದ ಗ್ರಹಗಳು ಸುತ್ತು ತ್ತಿರುವಂತೆ, ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಹಗುರ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ದೇಹವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ, ವಿರಳವಾಗಿ ಹರಡಿರುವ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ತಮ್ಮ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ತಮಗೆ ಸೇರಿದ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಆಗಮನವನ್ನು ಹೇಗಾದರೂ ಮಾಡಿ ತಪ್ಪಿಸುತ್ತವೆ. ಹೊರವಲಯದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಾಗಿ ಸಂಯೋಗಕ್ಕೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುವ ಮತ್ತು ಬೆಳಕನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯನ್ನು ಹೊತ್ತಿವೆ. ಇದನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದವನು ನೀಲ್ಸ್ ಬ್ಹೊರ್. ಅತ್ಯಂತ ತ್ವರಿತ ಗತಿಯ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು ಈ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ತೂರಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅಕಸ್ಮಾತ್ ಅವೇನಾದರೂ ಹಾದಿ ತಪ್ಪಿ ಬೀಜದ ಹತ್ತಿರ ಬಂದರೆ ಅಥವಾ ಬೀಜವನ್ನು ಬಡಿದರೆ ಅವು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿ ಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ.

ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊರಬಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪರಿಮಾಣವೇ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೂಲಮಾನ. ಆದುದರಿಂದ ಯಾವುದಾದರು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟು ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದೆನ್ನುವುದನ್ನು ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಗಳಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ಚಿನ್ಹೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು 'ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ' (atomic number) ಎನ್ನುವರು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಆ ಧಾತುವಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣವಿಶೇಷಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 2 ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಮಾನಗಳಿದ್ದರೆ ಅದು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದಲ್ಲದೆ, ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆ ಪೂರ್ಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇದನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ಬೀಜವೇ ಆಲ್ಫ ಕಣ ಅಂದರೆ ಹೀಲಿಯಂನಿಂದ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದಾದ ಬೀಜವು ಆಲ್ಫ ಕಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಆರು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಮಾನವಿರುವ ಬೀಜ ಇಂಗಾಲವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಿನ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದಹರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಸತುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ 82 ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾನಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಸೀಸವು ತಟಸ್ಥವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ 82 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರಲೇಬೇಕು.

ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ಭಾರವನ್ನೇ ಭಾರದ ಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಸರಿಯಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಹದಿನಾರನೆ ಒಂದರಷ್ಟು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ ಸರಿ-ಸುಮಾರು ಇಷ್ಟೆ. ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಆದರ್ಶವಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಂಡರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಭಾರ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಭಾರದ 1850 ರಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತೂಕ ಗಣನೀಯವಲ್ಲದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಸರಾಸರಿ

ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನು, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದಾಗ, ಭಾಗಲಬ್ಧವೇ ಆ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕ. ಅಂದರೆ ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು 35·46 ಎಂದು ಹೇಳಿದಾಗ ಈ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣು ವಿನ ಸರಾಸರಿ ತೂಕ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ 35·46 ರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಜಲಜನಕದ ಬೀಜವೇ ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹಗುರ ಬೀಜ ಮತ್ತು ಈ ಬೀಜ ವನ್ನು 'ಪ್ರೊಟಾನ್' (proton) ಎನ್ನುವರು. ತಟಸ್ಥ ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒಂದು ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಬೀಜಗಳ ತೂಕವು ಸರಿಸುಮಾರು ಈ ಪ್ರೊಟಾನಿನ ತೂಕದ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಪಾಲು. ಇದನ್ನು ಸರಿಸುಮಾರೆಂದೇ ಹೇಳಬೇಕಾದುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲೇಬೇಕಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಕಣವೆಂದರೆ 'ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್'(neutron). ಇದರ ತೂಕ ಪ್ರೊಟಾನಿನಷ್ಟೇ ಆದರೂ. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ಕಣವಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೋಸ್ಕರವೇ ಇದನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎನ್ನುವುದು. ಅಂದರೆ ತಟಸ್ಥ ಕಣ—ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತು ಇಲ್ಲ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು ಇಲ್ಲ—ಎಂದರ್ಥ. ಈ ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗಳಿಂದಲೇ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಾಗಿರುವುದು. ಬೀಜದ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಅಂದರೆ ಆ ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ ; ಬೀಜದಲ್ಲಿನ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೊತ್ತವೇ ಪರಮಾಣು ತೂಕ.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೊಟಾನ್‌ಗಳು, ಬೇರೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ, ಅಂದರೆ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು ಅಥವಾ ಪ್ರೊಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ಧಾತುವಿನ ರಾಸಾಯ ನಿಕ ಗುಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದರಿಂದ ಅದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಧಾತುವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು

'ಸಮಸ್ಥಾನಿ' (isotope) ಗಳೆನ್ನುವರು. ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಎಂದರೆ ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವ ಎಂದರ್ಥ. ಅಂದರೆ ಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಬರೆದಿರುವ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಇವು ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಸರಾಸರಿ 35·46 ಮಾನಗಳಿರುವ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುವು 35 ಮತ್ತು 37 ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮಿಶ್ರಣ. ಪರಮಾಣು ತೂಕ 37 ರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳೇ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿದ್ದಿದ್ದರೆ ಆಗ ಸರಾಸರಿ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 36 ಆಗುತ್ತಿತ್ತು.

ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ, ಬೀಜದ ತೂಕ 4 ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ 2 ಇರುತ್ತದೆಂದು ಅಂದರೆ ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದೆ. ಇದೇ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 10,000 ಮೈಲಿ ವೇಗದ ವಿಕಿರಣ ಬೀಜದಿಂದ ಹೊರಬಂದರೆ ಆಲ್ಫ ಕಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 10,000 ಮೈಲಿ ವೇಗವೆಂದರೆ ಚಂದ್ರನನ್ನು 24 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ತಲುಪಬಹುದಾದಷ್ಟು ಅಧಿಕ ವೇಗವೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಅರ್ಥವಾದೀತು. ಒಂದು ವಿಕಿರಣ ಧಾತುವು ಆಲ್ಫ ಕಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದೇಕೆಂದು ಈಗ ನಮಗೆ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಆಲ್ಫ ಕಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡರೆ—ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ 2 ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುವಾದ್ದರಿಂದಲೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದು. ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಪ್ರೊಟಾನಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಿದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬೀಟ ಕಣ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾದಾಗ ಉಳಿದುಕೊಂಡ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತು ಬೀಟ ಕಣವಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಆದಾಗಲೂ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸ್ವಭಾವದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ನಷ್ಟವು, ಒಂದು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಲಾಭದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಹಳ ಇತ್ತೀಚಿನವರೆಗೂ ಯಾವುದಾದರೂ ವಸ್ತುವಿನ ಭಾರವನ್ನು ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಗುಣವೆಂದೂ, ಅದನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದೂ ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಆದುದರಿಂದಲೇ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದಿದಾಗ, ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕವು, ಸಂಯೋಗಕ್ಕೆ ಮುನ್ನ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಸ್ತುಗಳ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿಯಲು ಬಹಳ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದಾಗ ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆ ಸತ್ಯ ವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಹೀಗೆ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾದಾಗ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರವನ್ನು ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದೆಂದು ಮೊದಲೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ತಿಳಿಸಿದ್ದನು. ಅನಂತರ ಆಧುನಿಕ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಈ ವಿಷಯವು ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿ ನಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾದಾಗ ಭಾರವು ನಷ್ಟವಾಗಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಗೋಚರವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಇದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅತ್ಯಂತ ಕೌತುಕದ ಸಂಗತಿಯಲ್ಲವೆ!

ಭಾರದಲ್ಲಾಗುವ ಸಣ್ಣ ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣ ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಬಹುದಾದಷ್ಟು ಅಗಾಧ. ಒಂದು ಔನ್ಸ್ ವಸ್ತು ನಷ್ಟವಾದಾಗ, ನಿರಂತರವಾಗಿ 10 ಲಕ್ಷ ಅಶ್ವಬಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು 40 ದಿನಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಇದು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಕಂಡರೂ ಭಾರವನ್ನು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿ ಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ಕೆಲಸ. ಏಕೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮುತ್ತಿಗೆಗೂ ಜಗ್ಗದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಭಾರಿ ರಕ್ಷಣೆ ಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಭೇದಿಸಿದಲ್ಲದೆ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಅಸಾಧ್ಯ. ಈಚೆಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲೂ ಕೇಳಿಬರುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ ಭಾರವನ್ನು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದರ ತತ್ವವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಯಾವ ಹಿಡಿತದಲ್ಲೂ ಇಡದೆ ಅವಸರವಾಗಿ ಮಾಡಿದಾಗ ಪರಮಾಣು-ಬಾಂಬ್ ತನ್ನೆಲ್ಲ ದುಶ್ಶಕ್ತಿಯೊಂದಿಗೆ ಆಸ್ಫೋಟಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಹಿಡಿತದಲ್ಲಿರುವಂತೆ

ಮಾಡಿದರೆ, ಕೈಗಾರಿಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಸಾಧಾರಣ ಸಿಡಿತ ಅಥವಾ ಆಸ್ಫೋಟನೆಯಾದಾಗಲೂ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ ಹೊರವಲಯದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಭಾಗವಹಿಸುವುದರಿಂದ ಈ ಸ್ಫೋಟವಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಗದಲ್ಲಾಗುವ ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಫೋಟವು ನಮ್ಮ ಹಿಡಿತವನ್ನು ಮೀರಿ ನಡೆದಾಗ ಹಿಂಸಾತ್ಮಕ ಹಾಗೂ ಮುನ್ನೆಚ್ಚರಿಕೆಯನ್ನೀಯದ ಸ್ಫೋಟನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಬೆಟ್ಟಗಳನ್ನು ಒಡೆಯಲೂ, ಸಾವು ಮತ್ತು ವಿನಾಶಕ್ಕೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದೇ ಸ್ಫೋಟವನ್ನು ನಮ್ಮ ಹಿಡಿತದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಅದನ್ನು ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅಂತರ್ದಹನ ಯಂತ್ರದ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸುತ್ತುವರಿದು ಭಾರಿ ರಕ್ಷಣೆಗೊಳಪಟ್ಟಿರುವ, ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಹಳೆಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲಾ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಅಂದರೆ ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು, ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆ ಇಂತಹ ಹಳೆಯ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಜಗ್ಗದ ಈ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಭೇದಿಸಿ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಅವನ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದವರು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಬರುವ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ಅಸ್ತ್ರವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡರು. ಹೀಗೆ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಿದಾಗ ಬಂದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ನಾವಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಆಗಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಅಧಿಕ ಚಲನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪಡೆದ ಕಣಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು. ಏಕೆಂದರೆ ಇಷ್ಟೇ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಹತ್ತಾರು ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗಿತ್ತಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಅದುವರೆವಿಗೂ ಅಷ್ಟು ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿರಲೇ ಇಲ್ಲ.

ಆಲ್ಫ ಕಣೋತ್ಪಾದಕಗಳು ಬಹಳ ದುರ್ಬಲ ಅಂದರೆ ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗು ವಸ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅವು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡಲಾರವು. 1932 ರಲ್ಲಿ ಕಾಕ್‌ಕ್ರಾಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ನರು ವಿಕಿರಣ ವಸ್ತುವು ಬಿಟ್ಟು ಕೊಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಹೊಸದಾಗಿ ಸೃಜಿಸಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ 8,00,000 ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಕಣಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ತ್ವರಿತ ಕಣಗಳ ಅಗಾಧ ಸರಬರಾಜಿನ ಮೂಲಕ ಲಿಥಿಯಂ ಬೀಜವನ್ನು ಎರಡು ಆಲ್ಫಕಣಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರು. ಹೀಗೆ ಪರಿ ವರ್ತನೆಯಾದಾಗ ಎರಡು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳೂ ಸೇರಿ ಲಿಥಿಯಂ ಬೀಜಕ್ಕಿಂತ ಒಟ್ಟು ತೂಕದಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ ಐದನೆಯ ಒಂದು ಭಾಗ ಕಡಿಮೆಯಾದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಭಾರನಷ್ಟಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದುದಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಅದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ತ್ವರಿತ ಗತಿಯ ಕಣಗಳಿಂದಾದುದೆಂದೂ, ಅದಕ್ಕನುಗುಣ ವಾಗಿರುವುದೆಂದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಒಂದೇ ವಿಧದ ಕಣಗಳಿಂದ ನಡಿಸಿದರು. 'ಮೇಘಮಂದಿರ' (cloud chamber) ಎನ್ನುವ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಈ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿದ್ದುದು. ಒಂದು ಔನ್ಸ್ ತೂಕದಷ್ಟು ಬೇಕಾದರೆ ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಪರಮಾಣು ಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಜೋಡಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಿದ್ದುದರಿಂದ ನಮಗೆ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ತಲೆಎತ್ತು ವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ ಅಂದರೆ ಕೃತಕ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ತೂಕವನ್ನು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬ ಸಂಗತಿ ಸಿದ್ಧಪಟ್ಟಿತು. ಇದನ್ನು ಹಳೆಕಾಲದ ಮನುಷ್ಯರಿಗೆ ಎರಡು ವಸ್ತು ಗಳನ್ನು ತಿಕ್ಕಿದಾಗ ಕಿಡಿಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದರೂ ಅದನ್ನು

ಸರಿಯಾದ ಉರಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಲೆ ಕೆಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಮುಂದುವರಿದಿಲ್ಲದಿದ್ದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಾಲ್ಟನ್ನನ ಕೆಲಸ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಸಫಲವಾಗದಿದ್ದರೂ, ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ನಿಯಮವೊಂದರ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಗೆ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು.

ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿ ವರ್ಗೀಕರಿಸಿದಾಗ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಂಟಾಗುವುದೆಂದು ಕಾಕ್‌ಕ್ರಾಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವು. ಲಿಥಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಎರಡು ಆಲ್ಫ-ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರೊಟಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತೂಕವು ಒಟ್ಟು ಬೀಜದ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆ. ತೂಕದ ಈ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಕಣಗಳ ಜೋಡಣೆಯ ರೀತಿ ಮತ್ತು ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ವಿವಿಧ ಬೀಜಗಳಿಗೆ ವಿವಿಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸಿದಾಗಲೆಲ್ಲ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

1932 ರಿಂದಲೂ ಆಲ್ಫ ಕಣದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಎನಿಸುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪಡೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ವಿವಿಧ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟಲು ಯೋಜಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ 1961 ರಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಆರಂಭಿಸಿದ ಜಿನಿವಾದ ವೇಗಕಾರಕವು (ಕಣಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣವಾದ್ದರಿಂದ ವೇಗಕಾರಕವೆನ್ನುವರು) 2500 ಕೋಟಿ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದನಾ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತಿದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೊಂದಾದ ಉಂಗುರ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ವ್ಯಾಸ 200 ಅಡಿಗಳೆಂದರೆ ಈ ಸಲಕರಣೆಯ ಅಗಾಧ ಗಾತ್ರದ ಅಂದಾಜು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗಾದೀತು. ಇಂತಹ ವೇಗಕಾರಕಗಳಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾದ ಕಣಗಳ

ಮೂಲಕ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸುತ್ತಿರುವುದಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಹೊಸ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕಣಗಳು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲುಪುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನು ವಿಶ್ವಕಿರಣ ಗಳು (cosmic rays) ಎನ್ನುವರು. ಈ ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳು ಕೃತಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವೇಗಕಾರಕಗಳಿಂದ ಪಡೆದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದ ಮತ್ತು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನಮಗೆ ಒದಗಿ ಸುವ ಉಗಮವೂ ಆಗಿವೆ. ಈ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದರೆ, ಅಸಾಧಾರಣ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೊಡನೆ ಬೀಜವು ನುಚ್ಚು ನೂರಾಗು ತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಎರಡರ ರಚನೆಯ ಅಧ್ಯಯನ ದಲ್ಲಿ ಕೃತಕ ಅಥವಾ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ತ್ವರಿತ ಬೀಜಕಣಗಳು ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ರಚನೆ ತಿಳಿಯಲು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. 100 ಕೋಟಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲೊಂದು ಇಟ್ಟರೆ ಅದು ಆಕ್ರಮಿಸುವ ಸ್ಥಳ ಒಂದು ಅಂಗುಲದ ಸಾವಿರದ ಒಂದಂಶದಷ್ಟೆಂದರೆ, ಅದರ ರಚನೆಯ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸುವುದೆಂದರೆ ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಲ್ಲವೆ ?

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅಗಣಿತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಭಾಗವಹಿಸಿ ಅಗಾಧ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಇದರ ಫಲವೇ ಕೈಗಾರಿಕೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬುಗಳು ! ಒಂದು ಬೀಜದಿಂದ ಬಿಡು ಗಡೆಯಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಇನ್ನೊಂದು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಬಿಡುಗಡೆಯನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರಿದು ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಹಳೆಯ ಕಾಲದ ಮನುಷ್ಯ ಕಷ್ಟ ಪಟ್ಟು ಒಂದು ರೆಂಬೆಯನ್ನು ಹೊತ್ತಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಇತರ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ರೆಂಬೆಗಳ ಮೂಲಕ ದೊಡ್ಡ ಬೆಂಕಿಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದುದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಹೀಗೆ ಒಂದು ಸಲ ಕ್ರಿಯೆಯು ಆರಂಭವಾದೊಡನೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ ಹರಡುವಿಕೆಯು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೂ ಉತ್ಪಾದನಾ ವಿಧಾನದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸುವುದೆಂಬುದು ಒಂದು ರಹಸ್ಯ ಸಂಗತಿಯಾಗಿತ್ತು. ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಇತರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಂದ ವಿಕರ್ಷಿತವಾಗಿ, ಬಹಳ ಬೇಗನೆ ವಿರಾಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದುಬಿಡುತ್ತವೆ. ಒಂದು ವಿಕಿರಣ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಸಂಪೂರ್ಣ ವೇಗದ ಆಲ್ಫ ಕಣದ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ಅಂಗುಲಗಳು ಮಾತ್ರವೆಂದು ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಅಗಾಧ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕೃತಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಲ್ಲೂ ಇದೇ ರೀತಿಯ ತೊಡಕನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ತೇ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು ಹೆಚ್ಚು ವಿಕರ್ಷಣೆಗೊಳ ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಇದಕ್ಕೆ ಬೀಜದೊಳಕ್ಕೆ ನುಗ್ಗಿ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ನಡೆಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಈ ಬೀಜವರ್ತನೆಗೆ ನಿಧಾನ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಿಶೇಷ ಫಲಕಾರಿ. ಇಲ್ಲಿ 'ನಿಧಾನ' ಎಂದರೆ ಅಷ್ಟೆ ತೂಕದ, ಅಷ್ಟೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಕಣಗಳು ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಪಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಷ್ಟೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಕಣ ವೆಂದರ್ಥ. ಉಷ್ಣವು ಚಲನೆಯ ಒಂದು ವಿಧಾನವೆಂದು ಎಲ್ಲ ಅಣು ಪರಮಾಣು ಗಳೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಾ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಾ ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುತ್ತವೆಯೆಂದೂ ಆಗಲೇ ವಿವರಿಸಿದೆ. ವೇಗವು ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ ಮತ್ತು ತಾಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣ ತಾಪದಲ್ಲಿ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಹಗುರ ಬೀಜಕ್ಕೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದೂ ಭೇದಿಸದಿದ್ದಾಗ ಅದರ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 2 ಮೈಲಿ. ಇದನ್ನು ನಿಧಾನ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸೋಜಿಗವೆನಿಸೀತು. ಆದರೆ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಪ್ರಕ್ರಮದಿಂದ ಪಡೆಯುವ ವೇಗಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ನಿಧಾನ ಕಣ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊಡೆದ ಜಲಜನಕದಂತಹ ಹಗುರ ಬೀಜವನ್ನು ಹೊಡೆದ

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣ ತಾಪಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ಅಲ್ಪ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿರುವ ವರೆಗೂ ಅವನ್ನು 'ಉಷ್ಣತಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್' (thermal neutron) ಗಳೆನ್ನುವರು.

ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೊದಲ ವಿಧಾನ 'ಬೀಜ ವಿದಳನ' (nuclear fission) ವಿಧಾನ. 1939 ರಲ್ಲಿ ಹಾಹ್ನ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮುತ್ತಿಗೆಯಿಂದ ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜವನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬಹುದೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಈ ವಿಭಜನೆಯನ್ನೇ ವಿದಳನವೆನ್ನುವರು. ಬೀಜ ವಿದಳನೆಯಾದಾಗ ಎರಡು ಬಹು ಮಹತ್ವ ಪರಿಣಾಮಗಳುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ವಿದಳನಾನಂತರದ ಭಾಗಗಳ ತೂಕವು ಬೀಜದ ವಿದಳನೆಗೆ ಮುಂಚಿನ ತೂಕಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯದು, ಪ್ರತಿ ವಿದಳನೆಗೂ ಸರಾಸರಿ 2·5 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅರ್ಧ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೋಸ್ಕರವೇ ಸರಾಸರಿ 2·5 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚದರಗಜಕ್ಕೆ ಸರಾಸರಿ 2·5 ಜನರಿದ್ದರೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ಅರ್ಧ ಮನುಷ್ಯನಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆ ಹೇಗೆ ಸಮಂಜಸವೋ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲೂ ಈ ಹೋಲಿಕೆ ಮತ್ತು ಹೇಳಿಕೆ ಸಮಂಜಸವಾಗಿದೆ.

ಈ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಬಿಡುಗಡೆಯೇ ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯಮಾಡಿರುವುದು. ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ವಿದಳನವೂ ಇತರ ವಿದಳನಗಳನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿ ಪುನಃ ಆ ವಿದಳನಕ್ರಿಯೆ ಇನ್ನಿತರ ವಿದಳನಗಳನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ವಿಭಜನೆಯಾಗುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿರುವವರೆಗೂ ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರಿದು ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಿದಳನಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿದ್ದಿದ್ದರೆ ಕ್ರಿಯೆಯು ಬಹಳ ಬೇಗನೆ ಮುಕ್ತಾಯವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತಿತ್ತು. ಏಕೆಂದರೆ ಹಲವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಿದಳನವನ್ನುಂಟು

ಮಾಡದೆಯೇ ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಸರಾಸರಿ ಸಂಖ್ಯೆ 2·5 ಈ ಎಲ್ಲ ಪುಂಡಾಟವನ್ನೂ ಸರಿದೂಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ಈಗ ಇವು ಅನುಸರಿಸುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮ ಬಹಳ ಸರಳವೆಂದಾಯಿತು. ಸರಿಯಾದ ರೀತಿಯ ಭಾರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಬೀಜ ವಿದಳನವಾಗುವುದೆಂದೂ, ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದೆಂದೂ, ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಿದಳನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವುದೆಂದೂ ಹೇಳುವುದು ತತ್ವಶಃ ಸರಿಯಾದರೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಈ ಪ್ರಕ್ರಮ ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಹಲವೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭಾರ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಈ ವಿದಳನ ಸಾಧ್ಯ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಯುರೇನಿಯಂ ಭಾರಧಾತುವಿನಿಂದ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವಿನಲ್ಲೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವಲ್ಲ. ಇತರ ಸಮಂಜಸ ಭಾರಧಾತುಗಳನ್ನು, ಧಾತುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಹೊಸ ವಿಧಾನದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಹೊಸ ಪ್ರಕ್ರಮವನ್ನು ಯೋಜಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಹೊಸ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಅಥವಾ ಹೊಸಧಾತುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಕಲಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇವೆರಡೂ ಬಹಳ ದುಬಾರಿಯ ಕಾರ್ಯವಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಿನ ಕೆಲಸವೂ ಆಗಿದೆ. ಇಷ್ಟಾದ ನಂತರವೂ, ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕಾಗಲೀ ಬಾಂಬ್‌ಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಾಗಲೀ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ ನಮ್ಮ ಹತೋಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಚಕ್ಷಣೆಯೂ ಅಧಿಕ ಜ್ಞಾನವೂ ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಇಂತಹ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲೋಸುಗವೇ ಆಧುನಿಕ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ತಲೆ ಎತ್ತುತ್ತಿದೆ.

ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಬೀಜ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿ

ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಬೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಅದರಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ವಿಚಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಅವು ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವಂತೆ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಮರ್ಥವಿರುವ ಆದರೆ ಜೊತೆಗೆ ಬೀಜವನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ವೇಗವಿರುವಂತೆ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಾಪಾಡುವ ವಿಶೇಷ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ತಯಾರಾದ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ನಿಯೋಜಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. 'ಶೈತಾಕಾರಿ' (coolant) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವ ವಿಶೇಷವಸ್ತುವನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಆರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಅನಿಲಗಳೂ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ದ್ರವಗಳೂ ಆಗಿರಬಹುದು. ಇವು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕಾರಕವನ್ನು ಆವೃತವಾಗಿದ್ದು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಾಲದಿಂದ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಎಳೆದುಕೊಂಡು ಬಾಯಲರ್‌ಗಳಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿ ಹಬೆಯ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಸಲಕರಣೆಯೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಗ್ನರಾಗಿರುವ ಕೆಲಸಗಾರರನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ರಕ್ಷಿಸಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಏಕೆಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಅಪಾಯಕಾರಿ ಕಿರಣಗಳಿಂದಲೂ, ತ್ವರಿತಗತಿಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದಲೂ, ದೇಹವನ್ನೇ ತೂರಿ ಹೋಗುವ ಕಿರಣಗಳಿಂದಲೂ ರಕ್ಷಣೆ ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ಅಂದರೂ ಈ ಎಲ್ಲ, ಅಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಿನ, ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಎದುರಿಸಿ ಅಮೆರಿಕ ಮತ್ತು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನವರು, ಪರಮಾಣುಬೀಜದಿಂದ ದಿನಬಳಕೆಗಾಗಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಮರ್ಥರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಭಾರತ ಸರ್ಕಾರವೂ, ಹೋಮಿ ಜಹಾಂಗೀರ್ ಭಾಭಾ* ರವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿ ಇಲಾಖೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶಾಂತಿಯುತ ಉದ್ದೇಶ್ಯಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದೆ. ಈ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಎದುರಿಸುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲಸ ನಡೆಸಿ ಪ್ರಪಂಚದ

---

*ಹೋಮಿ ಜೆ. ಭಾಭಾ ಅವರು 24–1–1966 ರಂದು ದಿವಂಗತರಾದರು.

ಮೇಧಾವಿಗಳಲ್ಲೊಬ್ಬರೆನಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಅನುಕೂಲತೆಯೆಂದರೆ, ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದು ಕೊಂಡು ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ—ಇದೇ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಇಂಧನ—ಇದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ವಿಭಜನೆ ಹೊಂದಬಲ್ಲ ಒಂದು ಔನ್ಸಿನಷ್ಟು ಯುರೇನಿಯಂ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಇಂತಹ ವಸ್ತು 80 ಟನ್ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇದರಿಂದ ಸಾಗಣೆಯ ಸಮಸ್ಯೆ ಬಹಳ ಸರಳವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿಗೆ ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ತ್ವರಿತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬಲ್ಲ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು. ಕ್ರಿಯೆಯು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದಂಶದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಬಾಂಬ್ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದಳನ ವಸ್ತು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದರೆ ತ್ವರಿತ ಗತಿಯ ಭೇದಿಸಬಲ್ಲ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕವು ಬೀಜದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬಂದು ಅದನ್ನು ಭೇದಿಸುವ ಮೊದಲೇ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೊರಟುಬಿಡುವುದರಿಂದ, ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಕಾಗು ವಷ್ಟು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒದಗುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದಳನ ವಸ್ತುವಿನ ದೊಡ್ಡ ಗಂಟೇ ಇದ್ದು ಏಕಮಾನ ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೆ, ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬಲ್ಲ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಬಲವಾಗಿರಲು ಇರಬೇಕಾದ ವಸ್ತುವಿನ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾ ಚಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವಿದಳನ ಬಾಂಬಿನಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಮಾಡಿ ಸರಿಯಾದ ಗಾತ್ರದ, ಎರಡು ತುಂಡುಗಳನ್ನು—ತುಂಡುಗಳಿದ್ದಾಗಲೂ ಅಪಾಯ ಕಾರಿಯಲ್ಲದ—ಒಟ್ಟಿಗೆ ಎಸೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಎಸೆದಾಗ ಅವೆರಡೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿ ಒಂದೇ ಗಡ್ಡೆಯಾಗಿ ಸ್ಫೋಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡು ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಎಸೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಯಂತ್ರಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಈ ಬಾಂಬಿನೊಳಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿರುವರಲ್ಲದೆ, ಅಗಾಧ ದೂರದಿಂದಲೇ ಈ ಬಾಂಬನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲೂ ಅನುಕೂಲವಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂನ ಸೂಕ್ತ ಅಯೋಣುವನ್ನು

ಅಥವಾ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿರುವ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಧಾತುವನ್ನು ವಿದಳನ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಪರಮಾಣ ಶಕ್ತಿ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದಂತೆಯೇ, ವಿದಳನ ಬಾಂಬಿಗೂ ಅತ್ಯಂತ ಭಾರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಿದಳನೆಯಾಗುವ ಮುನ್ನ ಅದರ ತೂಕಕ್ಕಿಂತ, ವಿದಳನೆಯಾದ ಅನಂತರದ ಭಾಗಗಳ ಒಟ್ಟು ತೂಕ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದಲೇ ಸಾಕಾದಷ್ಟು ತೂಕವು ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಬಹಳ ಹಗುರ ಬೀಜಗಳು ಸಮ್ಮಿಳಿತವಾದಾಗಲೂ, ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಹೊಸ ಬೀಜದ ತೂಕವು, ಸಂಯೋಗದ ಮುನ್ನಿನ ಬೀಜಗಳ ತೂಕಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಪುನಃ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುದೂ ಸತ್ಯಸಂಗತಿಯೇ. ಬೀಜ ಸಂಸಾರದ ಭಾರ ಬೀಜವನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿದಾಗಲೂ, ಹಗುರ ಬೀಜಗಳ ಸಂಮಿಳನವಾದಾಗಲೂ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದೆನ್ನುವ ಸಂಗತಿ ಅತ್ಯಂತ ಸೋಜಿಗವೆನಿಸುವುದಲ್ಲವೆ? ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಾದ ರಚನೆಯ ಪರಿಣಾಮವೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರ ಬೀಜಗಳ ಸಂಮಿಳನ ಒಂದು ಭಯಾನಕ ಬಾಂಬನ್ನೀಗ ತಯಾರಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ವಿದಳನ ಅಥವಾ ಬೀಜ ವಿಭಜನೆ ಎನ್ನುವಂತೆಯೇ ಅದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಇದನ್ನು 'ಸಂಮಿಳನ' (fusion) ಅಥವಾ ಬೀಜಗಳ ಕೂಡುವಿಕೆ ಎನ್ನುವರು. ಬಾಂಬ್ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ಅಯೋಣುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಜಲಜನಕ ಅಥವಾ ಸಂಮಿಳನ ಬಾಂಬು ಎನ್ನುವರು.

ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಆರಂಭವಾದ ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ಒಂದು ಕಡೆ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು, ನೀರಿನ ಶಕ್ತಿಯಂತಹ ಯಾವ ಸಾಧಾರಣ ಇಂಧನಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸದೆಯೆ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಸರಬರಾಜಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ ಇನ್ನೊಂದೆಡೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚದ ಜೀವಿಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಏಟಿಗೆ ಹೇಳಹೆಸರಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡುವ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಬಾಂಬುಗಳಿಗೂ ಕಾರಣ

ವಾಗುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರೆದಿದೆ. ಈಗ ತಯಾರಾಗುತ್ತಿರುವ ಬಾಂಬ್‌ಗಳನ್ನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಆಸ್ಫೋಟಿಸಿದರೆ, ಆಸ್ಫೋಟನಾ ಗುಣಕಗಳು ಅತಿ ಭಯಂಕರ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಈ ಶತಮಾನದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಇದರ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಜ್ಞಾನ ಪಡೆಯುವ ಒಂದೇ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಆರಂಭಮಾಡಿ, ಮನೋತೃಪ್ತಿಯೊಂದೇ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದ ಫಲವಾಗಿದ್ದುದು ಬರುಬರುತ್ತಾ ಇಂತಹ ಸನ್ನಿವೇಶವೊಂದೇರ್ಪಡಬಹುದೆಂದು ಯಾರೂ ಕನಸು ಮನಸಿನಲ್ಲೂ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಭಯಾನಕ ಅಸ್ತ್ರಗಳ ಸಂಗ್ರಹದೊಡನೆ ಯುದ್ಧವನ್ನು ಆರಂಭ ಮಾಡಿದರೆ, ಮಾನವನ ನಾಗರಿಕತೆಯೇ ಕೊನೆಗೊಳ್ಳುವ ದುಃಸ್ಥಿತಿಯೊದಗಬಹುದೆಂಬ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳೂ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಆದಷ್ಟು ಯುದ್ಧವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಶ್ರಮಿಸುವವು ಎಂಬ ಹೆಬ್ಬಯಕೆಯೊಂದೇ ಈ ಅಸ್ತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ ಅಕಸ್ಮಾತ್ ಮುಂದೆ ಏನಾದರೂ ಯುದ್ಧವೊದಗಿದರೆ ಆ ಯುದ್ಧವು ಈ ಪರಮಾಣ್ವಸ್ತ್ರಗಳಿಲ್ಲದೆ ಯುದ್ಧ ಮುಗಿಯುವುದಿಲ್ಲವೆಂದೂ, ಅದರ ಅನಂತರದ ಯುದ್ಧವು ಗಥಾ ಯುದ್ಧವೇ ಆಗುವುದೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವೇ ಇಲ್ಲ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಯುದ್ಧವೇ ಒದಗದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ನಮ್ಮೆಲ್ಲರ ಅತ್ಯಂತ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯುತ ಕೆಲಸವೆಂದರೆ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

# ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳು

| | |
|---|---|
| **Absolute zero** | ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯ |
| Accelaration | ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ |
| Accelarator | ವೇಗಕಾರಕ |
| Accumulator | ಸಂಚಾಯಕ |
| Air | ಗಾಳಿ |
| Alloy | ಮಿಶ್ರಲೋಹ |
| Alpha particle | ಆಲ್ಫ ಕಣ |
| Anion | ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯಾಣು |
| Anode | ಆರೋಹ ದ್ವಾರ |
| Anticathode | ವಿಮುಖ ಅವರೋಹ ದ್ವಾರ |
| Armature | ಭ್ರಮಣಬಾಹು |
| Atmosphere | ವಾತಾವರಣ |
| Atmospheric pressure | ವಾಯು ಸಂಮರ್ದ |
| Atom | ಪರಮಾಣು |
| Atomic bomb | ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬು |
| Atomic number | ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ |
| Atomic weight | ಪರಮಾಣು ತೂಕ |
| Axis | ಅಕ್ಷ |
| | |
| **B**arometer | ಬಾರಮಾಪಕ, ಸಂಮರ್ದಮಾಪಕ |
| Battery | ಕೋಶ |
| Beta particle | ಬೀಟ ಕಣ |
| Boiling point | ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು |
| | |
| **C**alorie | ಕ್ಯಾಲೊರಿ |
| Carbon dioxide | ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ |

| | |
|---|---|
| Cathode | ಅವರೋಹ ದ್ವಾರ |
| Cation | ಋಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಅಯೋಣು, ಅವರೋಹ ಅಯೋಣು |
| Celsius temperature | ಸೆಲ್ಸಿಯಸ್ ತಾಪ |
| Centigrade temperature scale | ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ತಾಪಮಾನ |
| Chain reaction | ಸರಪಳಿ ಕ್ರಿಯೆ |
| Charge, positive and negative | ವಿದ್ಯುತ್ತು, ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ |
| Chromatic aberration | ವರ್ಣ ವಿಪಥನ |
| Cloud chamber | ಮೇಘ ಮಂದಿರ |
| Colours : | ಬಣ್ಣಗಳು : |
| addition | ಸಂಕಲನ |
| complementary | ಪೂರಕ |
| subtration | ವ್ಯವಕಲನ |
| Condenced state | ಸಾಂದ್ರ ಸ್ಥಿತಿ |
| Conduction | ಉಷ್ಣವಹನ |
| Conservation of energy | ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತೆ |
| Covection | ಉಷ್ಣ ಸಂವಹನ |
| Convex lens | ಉನ್ನತ ಮಸೂರ |
| Coolant | ಶೈತ್ಯಕಾರಿ |
| Cosmic rays | ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳು |
| Crystal | ಹರಳು |
| Dewar flask | ಡೇವಾರ್ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ |
| Dissociation | ವಿಭಜನೆ |

| | |
|---|---|
| Dry cell | ಶುಷ್ಕ ಕೋಶ |
| Dynamo | ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ |
| **E**arth a magnet | ಭೂಮಿ ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತ |
| Echo | ಪ್ರತಿಧ್ವನಿ |
| Echo-sounding at sea | ಸಾಗರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಯ ಧ್ವನಿ |
| Elasticity | ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವ |
| Electric current | ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ |
| Electricity | ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ |
| Electrode | ವಿದ್ಯುದ್ದ್ವಾರ |
| Electrolysis | ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆ |
| Electrolyte | ವಿದ್ಯುದ್ದ್ರಾವಣ |
| Electromagnet | ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತ |
| Electromagnetic | ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತೀಯ |
| Electron | ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ |
| Electronical induction | ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರಣೆ |
| Electroplating | ವಿದ್ಯುದ್ಮುಲಾಮು |
| Electroscope | ವಿದ್ಯುದ್ದರ್ಶಕ |
| Element | ಮೂಲವಸ್ತು |
| Energy | ಸಾಮರ್ಥ್ಯ |
| Expand | ವ್ಯಾಕೋಚಗೊಳ್ಳು |
| Explosion | ಆಸ್ಫೋಟನೆ |
| Eye piece | ಅಕ್ಷಿ ಮಸೂರ |
| **F**ocal length | ಸಂಗಮ ದೂರ |
| Focus | ಸಂಗಮಬಿಂದು |
| Force | ಬಲ |

| | |
|---|---|
| Frequency | ಆವರ್ತ |
| Friction | ಘರ್ಷಣೆ |
| **G**alvanometer | ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ |
| Gamma rays | ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು |
| Gas | ಅನಿಲ |
| Gravitation | ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ |
| Gravity | ಗುರುತ್ವ |
| **H**eat | ಉಷ್ಣ |
| Helium | ಹೀಲಿಯಂ |
| Hooke's law | ಹುಕ್‌ನ ನಿಯಮ |
| Horse power | ಅಶ್ವಸಾಮರ್ಥ್ಯ |
| **I**mage | ಪ್ರತಿಬಿಂಬ |
| inverted | ತಲೆಕೆಳಗು |
| real | ಸತ್ಯ |
| virtual | ಮಿಥ್ಯ |
| upright | ನೇರ |
| Impulse | ಆಘಾತ |
| Incidence | ಪತನ |
| angle of incidence | ಪತನಕೋನ |
| Induction | ಪ್ರೇರಣೆ |
| Infra-red rays | ರಕ್ತಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು |
| Insulator | ಅವಾಹಕ |
| Ions | ಅಯಾಣುಗಳು |
| Isotope | ಸಮಸ್ಥಾನಿ |
| **K**inetic energy | ಚಲನಶಕ್ತಿ |

| | |
|---|---|
| **L**atent heat | ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ |
| Lens | ಯವ, ಮಸೂರ |
| convex | ಪೀನ |
| achromatic | ಅವರ್ಣಕ |
| Light | ಬೆಳಕು |
| Liquid | ದ್ರವ |
| Lodestone | ಸ್ಪರ್ಶಮಣಿ |
| **M**agnet | ಅಯಸ್ಕಾಂತ |
| Magnetic action | ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಪರಿಣಾಮ |
| Magnetic attraction and repulsion | ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಆಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ವಿಕರ್ಷಣೆ |
| Magnetic flex | ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ |
| Magnifying glass | ಭೂತಗಾಜು |
| Mass | ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ |
| Matter | ವಸ್ತು |
| Mean free path | ಸರಾಸರಿ ನೇರ ದೂರ |
| Mercury barometer | ಪಾದರಸದ ವಾಯುಬಾರಮಾಪಕ |
| Metal | ಲೋಹ |
| Mirror | ದರ್ಪಣ |
| Molecule | ಅಣು |
| Momentum | ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ |
| Mon-atomic | ಏಕ ಪರಮಾಣು |
| Motion | ಚಲನೆ |
| **N**eutron | ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ |
| Nitrogen | ಸಾರಜನಕ |

| | |
|---|---|
| Nuclear | ಬೀಜಕ |
| fission | ಬೀಜ ವಿದಳನ |
| fusion | ಬೀಜ ಸಂಮಿಳನ |
| Nucleus | ಬೀಜ |
| **O**bjective | ವಸ್ತು |
| Observation | ವೀಕ್ಷಣೆ |
| Ohm's Law | ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮ |
| Oscillation | ತೂಗು, ಆಂದೋಳನ |
| Oxygen | ಆಮ್ಲಜನಕ |
| **P**endulum | ಲೋಲಕ |
| Perpetual motion | ನಿರಂತರ ಚಲನೆ |
| Photo electric effect | ಪ್ರಭಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮ |
| Physics | ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ |
| Pitch | ತೀವ್ರತೆ |
| Planet | ಗ್ರಹ |
| Potential difference | ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ |
| Potential energy | ಸ್ಥಾನಶಕ್ತಿ |
| Power | ಶಕ್ತಿ |
| Pressure | ಒತ್ತಡ |
| Prism | ಪಟ್ಟಕ |
| Proton | ಪ್ರೊಟಾನ್ |
| **R**adiation | ವಿಕಿರಣ |
| Radio activity | ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆ |
| Radium | ರೇಡಿಯಂ |

| | |
|---|---|
| Rainbow | ಕಾಮನ ಬಿಲ್ಲು |
| Rare earth | ವಿರಳ ಭೂಧಾತು |
| Reflection | ಪ್ರತಿಫಲನ |
| Refraction | ವಕ್ರೀಭವನ |
| Refrangibility | ವಕ್ರೀಭವನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ |
| Resistance | ನಿರೋಧ |
| Resonance | ಅನುರಣನ |
| | |
| Scintillation | |
| Shear stress | ನಿರೂಪಕ ಒತ್ತಡ |
| Solid | ಘನ |
| Sound | ಶಬ್ದ |
| Spark | ಕಿಡಿ |
| Specific heat | ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣ |
| Specturm | ವರ್ಣಪಟಲ |
| Spherical mirror | ವೃತ್ತ ದರ್ಪಣ |
| Static | ಅಚಲ |
| Steam | ಹಬೆ |
| Strain | ಆಯಾಸ |
| Stress | ಒತ್ತಡ |
| Structure | ರಚನೆ |
| Surface tension | ಮೇಲ್ಮೈ ಎಳೆತ |
| | |
| Telescope | ದೂರದರ್ಶಕ |
| Television | |
| Temperature | ತಾಪ |
| Temperature scale | ತಾಪಮಾನ |

| | |
|---|---|
| Thermal conductivity | ಉಷ್ಣಪ್ರವಹತೆ |
| Thermo-couple | ತಾಪಯುಗ್ಮ |
| Thermal dynamics | ತಾಪಚಾಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ |
| Thermo-meter | ತಾಪಮಾಪಕ |
| **V**accum | ಶೂನ್ಯ |
| Velocity | ವೇಗ |
| Viscosity | ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ |
| Volt | ವೋಲ್ಟ್ |
| **W**ave | ತರಂಗ |
| Wave length | ತರಂಗ ದೂರ |
| Wave velocity | ತರಂಗ ವೇಗ |
| Weight | ತೂಕ |
| Work | ಕೆಲಸ |
| **X**-Rays | ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು |

## ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಸರಾಂತ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ-ಸಂಶೋಧಕ ಹಾಗೂ ರಾಯಲ್ ಸೊಸೈಟಿಯ ಸದಸ್ಯರಾದ ಡಾ. ಈ. ಎನ್. ಡ ಸಿ. ಅಂಡ್ರಾಡೆ ಈ ಕೃತಿಯ ಲೇಖಕರು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಿರ್ದುಷ್ಟವಾಗಿ, ಸರಳವಾಗಿ, ತಿಳಿಯಾದ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿಸಬಹುದೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಈ ಪುಸ್ತಕವೊಂದು ನಿದರ್ಶನ.

ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಚಲನೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳು, ಉಷ್ಣ, ಬೆಳಕು, ಶಬ್ದ, ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತತ್ವ, ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ -ಮುಂತಾದ ವಿಷಯಗಳ ಕೂಲಂಕಷ ಅಧ್ಯಯನ, ವಿವರಣೆ ಇಲ್ಲಿದೆ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ, ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಜನಪ್ರಿಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪುಸ್ತಕಗಳ ರಚನೆ-ಪ್ರಕಟಣೆಯ ಕಾರ್ಯಕ್ಷೇತ್ರ ವಿಶಾಲವಾಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಓದಿ, ಚರ್ಚಿಸುವ ವಾಚಕವೃಂದ ಸಹ ವೃದ್ಧಿಸುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಈ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಕೃತಿಗಳು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ರೂಪಾಂತರ-ಅನುವಾದಗೊಂಡು ಪ್ರಕಟವಾಗುವುದು ಸದ್ಯ ಅನಿವಾರ್ಯವೇ ಸರಿ.

ದಿವಂಗತ ಡಾ. ಆರ್. ಎಲ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯ ಮತ್ತು ಶ್ರೀಮತಿ ಆರ್. ಎನ್. ಗೀತಾ ಅವರು ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬಹು ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾಗಿ, ಸೊಗಸಾಗಿ ಅನುವಾದಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.



ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಕಾಶನ, ಬೆಂಗಳೂರು